

Regione Puglia

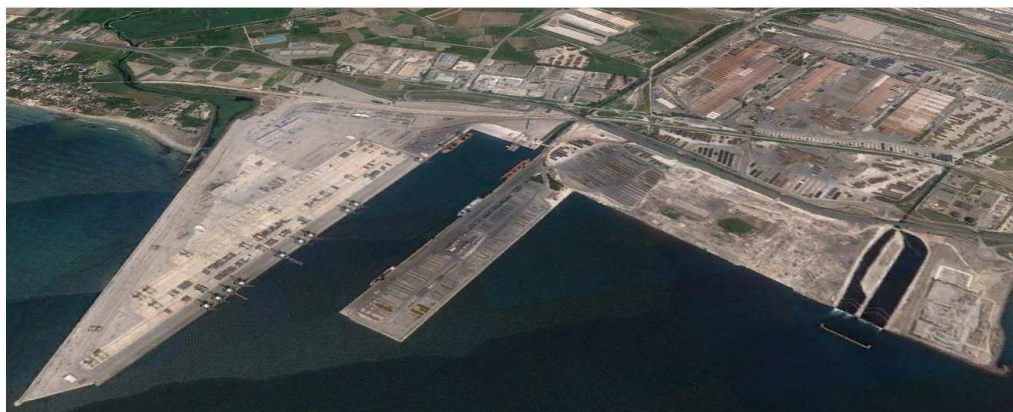
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI NAPOLI  
DOTT. ING.  
POSTIGLIONE ALFREDO  
SEZIONE A  
SETTORI CIVILE E AMBIENTALE - INDUSTRIALE - DELL'INFORMAZIONE  
N° ISCRIZ. 22981



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Autorita' Portuale di Taranto



Convenzione Sogesid S.p.A. - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

STAZIONE APPALTANTE:



**SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI TARANTO**

**PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA IN  
AREA EX YARD BELLELI FUNZIONALE ALLA REALIZZAZIONE DELLA CASSA DI COLMATA  
C.D. "AMPLIAMENTO V SPORGENTE"**

## PROGETTO ESECUTIVO

L'APPALTATORE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO D'IMPRESE



Società Italiana Dragaggi S.p.A.



Società Italiana Fondazioni S.p.A.



DEC nv



Ecologica S.p.A.

(CONTRATTO PROT. n. 277 DEL 17/01/2014 - CIG 0472785A83 CUP153I09000000002)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Giovanni Rabito

DIRETTORE DEI LAVORI:

Ing. Giancarlo Modonesi

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE DESCRITTIVA GENERALE**

ELABORATO:

**RE.G.01**

SCALA:

PROGETTO ESECUTIVO: Stige & Partners S.r.l.

Il Direttore Tecnico e Coordinatore per la Sicurezza: Dott. Ing. Alfredo Postiglione



④	Luglio 2015	Adeguamento prescrizioni Ministero dell'Ambiente di cui al parere prot. n. 9783/STA del 30/06/2015
③	Marzo 2015	Variante secondo prescrizioni Ministero dell'Ambiente di cui alla nota prot. n. 31737/TRI del 5/12/2014
②	Ottobre 2014	
①	Settembre 2014	
Revisione	Data	Descrizione

A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETÀ DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

**INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.2 Criteri e scelte progettuali	7
<b>2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO</b>	<b>29</b>
2.1 Inquadramento geologico	30
2.1.1 Assetto geo-litologico di dettaglio nell'area di colmata	31
2.2 Inquadramento idrogeologico	36
<b>3. ATTIVITÀ PRELIMINARI E STUDI PROPEDEUTICI AL PROGETTO ESECUTIVO</b>	<b>44</b>
3.1 Bonifica da ordigni bellici profonda	46
3.2 Rilievo topografico di dettaglio	54
3.3 Indagini geognostiche integrative	58
3.4 Campi prova delle tecnologie di marginamento e relativi risultati	59
3.5 Indagini sulla qualità delle acque di falda e test di laboratorio	62
3.5.1 Risultati della caratterizzazione analitica	66
3.5.2 Sintesi dei risultati del test di trattabilità	67
3.6 Verifiche sull'efficacia del processo di trattamento a seguito della nota del MATTM del 5/12/2014	69
3.6.1 Sintesi dei risultati del test di trattabilità	71
3.7 Recupero degli idrocarburi surnatanti	73
3.7.1 Stima delle quantità di prodotto ed ottimizzazione delle attrezzature	74
3.7.2 Messa in opera delle attrezzature di recupero idrocarburi surnatanti	75
<b>4. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE PRINCIPALI SCELTE PROGETTUALI DELLO STRALCIO FUNZIONALE</b>	<b>79</b>
4.1 Marginamenti	79
4.1.1 Caratteristiche del diaframma composito con tecnica “PSP” e modalità esecutive	81
4.1.2 Sviluppo lineare della cinturazione	82
4.2 Trincea drenante di N-W lato laminati ILVA	85
4.3 Impianto di Trattamento Acque di Falda (TAF)	87
4.3.1 Linea di trattamento	87
4.4 Copertura superficiale mediante “capping”	96
4.4.1 Equivalenza fra manti di argilla compattata e manti artificiali in minerali argillosi	98
4.5 Area di stoccaggio e gestione dei materiali provenienti dagli scavi	103
4.6 Alimentazione elettrica esterna ed Impianto elettrico interno	104
4.6.1 Allacciamento alla rete esterna	104
4.6.2 Distribuzione interna in BT	107
4.7 Rete di piezometri per il monitoraggio della falda	110
<b>5. GESTIONE MATERIALI E CANTIERIZZAZIONE</b>	<b>112</b>
5.1 Gestione dei materiali provenienti dagli scavi	112

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

<b>5.2</b>	<b>Cantierizzazione</b>	<b>113</b>
<b>6.</b>	<b><i>CRONOPROGRAMMA LAVORI</i></b>	<b><i>116</i></b>
<b>7.</b>	<b><i>QUADRO ECONOMICO E CONSIDERAZIONI SULL’IMPORTO DEI LAVORI</i></b>	<b><i>119</i></b>

## 1. PREMESSA

L'esecuzione di messa in sicurezza e bonifica della falda dell'area “ex Yard Belleli” si inserisce negli interventi di attuazione del PRP del Porto di Taranto come propedeutica alla realizzazione della cassa di colmata di ampliamento del c.d. “Ampliamento del V Sporgente”.

Tale intervento ha come scopo principale quello di evitare che le acque di falda si riversino in mare dopo essersi “arricchite” delle sostanze contaminanti presenti nei materiali che costituiscono i suoli della colmata e, pertanto, prevede in sostanza, la cinturazione fisica dell'area, il collettamento delle acque di falda ed il loro trattamento mediante apposito impianto di depurazione (TAF) prima dello scarico in mare.

In dettaglio, gli interventi oggetto del presente Progetto Esecutivo, che riguarda lo “Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli”, prevedono la realizzazione delle seguenti opere che possono così essere riassunte:

- **realizzazione di un diaframma di cinturazione che inferiormente si intesta nella formazione delle argille in grado di garantire un sistema di marginamento con un coefficiente di permeabilità continuo pari a  $K < 10^{-9}$  m/s**, allo scopo di intercettare le acque di falda che defluiscono a mare e posto a conterminazione della falda lungo tutto il tratto “**Lato Mare**” (Sud Ovest), inclusi i due tratti di risvolto laterali (lato Nord Ovest “**Laminati ILVA**” e lato Sud Est “**canale ILVA**”), **completato da una trincea drenante sul lato di Nord Ovest** e del relativo impianto di sollevamento verso il TAF al fine di impedire lo scarico a mare della falda;
- **realizzazione di un impianto di Trattamento delle Acque di Falda (TAF)**, provenienti dalla trincea drenante lato laminati ILVA, su due linee di potenzialità equivalenti con recapito a mare;
- **esecuzione di un'area idonea di stoccaggio temporaneo per la gestione dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo e rinterro, di eventuale stoccaggio di materiali non riutilizzabili in cantiere**



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

**ovvero di rifiuti speciali**, inclusi il box di controllo, l'area lavaggio ed il sistema di pesa;

- **copertura mediante “capping” delle aree di stoccaggio, delle aree dell'impianto TAF e dei raccordi di viabilità definitiva;**
- **realizzazione dell'impianto elettrico di alimentazione esterna e di distribuzione interna all'area in progetto** al fine di garantire l'alimentazione dell'impianto di trattamento delle acque di falda, degli impianti di sollevamento acque di falda e dell'illuminazione delle strade e piazzali;
- **realizzazione di un edificio prefabbricato a servizio dell'impianto di trattamento e di stoccaggio** per utilizzo da parte del personale preposto alla sorveglianza ed alla manutenzione dell'impianto, dotato di locale controllo, servizi igienici e spogliatoi, acqua potabile ed alimentazione elettrica, deposito materiali e locale deposito campioni;
- **realizzazione di una viabilità interna di servizio agli impianti in modo da garantire un unico senso di manovra** (ingresso lato SS Ionica e uscita lato canale scarico ILVA) con relativo controllo degli automezzi in uscita (vasca di lavaggio pneumatici e box di controllo);
- **recupero degli idrocarburi surnatanti in fase libera flottanti** sulla falda (per una quantità stimata di 50 m<sup>3</sup>) nelle 2 aree depresse del ex canale Italsider mediante l'equipaggiamento di tre pozzi esistenti con 2 *skimmer* attivi pneumatici ed 1 passivo;
- **realizzazione di un sistema di monitoraggio della falda**, costituito da 19 piezometri dei quali 7 esistenti per la verifica in continuo la qualità ed i livelli della falda esistente.

Tali interventi ed obiettivi progettuali sono quelli definiti nel “Progetto Definitivo dello Stralcio funzionale”, redatto nell'Aprile 2010 dalla Società “**Sogesid S.p.A**” ed esaminato nell'ambito della “Conferenza di Servizi decisoria” svoltasi in data 23.06.2010, approvata con Decreto Dirigenziale in data 24.06.2010 con n. di prot. 408 e con Decreto Ministeriale in data 9/11/2010 con n. di prot. 852/TRI/M/DI/B.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

Tale progetto definitivo è stato posto a base di gara di appalto integrato (progettazione esecutiva ed esecuzione) indetta dalla stessa Società “Sogesid S.p.A.” in data 23/04/2010.

Con contratto di appalto integrato del 17/01/2014, prot. n. 277 (C.U.P. I53109000000002 - C.I.G. 0472785A83) la “Sogesid S.p.A.” ha affidato al Raggruppamento Temporaneo d’Imprese aggiudicatario dei lavori (*RTI Società Italiana Dragaggi S.p.A. (Capogruppo), Società Italiana Fondazioni S.p.A., DEC-Deme Environmental Contractor nv ed Ecologica S.p.A.* ed all’incaricata Società di progettazione “**STIGE & Partners S.r.l**”) la “**progettazione esecutiva dello stralcio funzionale**” e l’esecuzione dei relativi lavori di primo stralcio.

A tale affidamento si è pervenuti a seguito della risoluzione del contratto conferito al “*Consorzio Stabile Uniland*”, risultato a suo tempo aggiudicatario e che aveva già avviato le prime attività di cantiere ed effettuato alcune indagini preliminari geognostiche ed alcuni test del campo prove “*in situ*”.

Il “*Progetto Esecutivo di primo stralcio funzionale*” è stato quindi sviluppato sulla base degli studi ed in riferimento alle valutazioni contenute nel progetto definitivo, ed è stato redatto a valle dei risultati della prevista campagna d’indagini preliminare (c.d. esecuzione del “campo prova” in scala reale).

Inoltre, la “*revisione finale*” del progetto esecutivo ha recepito le indicazioni fornite dalla “Sogesid S.p.A.” durante l’esecuzione delle indagini e campi prova propedeutici in cantiere e nell’ambito degli incontri istruttori e tecnici tenutisi in data 23/01, 11/06, 12/06, 10/07, 17/07, 30/07 e 17/09 e 25/09 del 2014.

In aggiunta, come richiesto dalla “Sogesid S.p.A.”, è stata anche effettuata una verifica di congruità geometrica e tecnica tra il presente progetto e quello, nel frattempo, approvato ed in fase di esecuzione da parte dell’Autorità Portuale di Taranto relativo agli “*interventi per il dragaggio di 2,3 M mc di sedimenti in area molo polisettoriale per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all’ampliamento del V sporgente del porto di Taranto*”.

Tale intervento, infatti, prevede la realizzazione della cassa di colmata antistante il tratto di cinturazione a mare (Sud-Ovest) della falda dell’area “ex Yard Belleli”, con un diaframma metallico disposto perimetralmente e immorsato nella

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

formazione di base. Al riguardo è stata condotta anche una valutazione sulla congruità delle portate di acqua di falda da trattare nel previsto impianto TAF.

Pertanto, in data 02/10/2014 l'Appaltatore ha trasmesso il progetto esecutivo di variante (rev.01), comprensivo degli elaborati tecnico-economici, redatto a seguito dei risultati del “campo prova” che ha definito l'adozione della tecnica di cinturazione composita “PSP” quale soluzione progettuale da adottare per il marginamento della falda. Contestualmente alla trasmissione della variante del “Progetto Esecutivo di primo stralcio funzionale” (rev.01), è stato consegnato anche un Addendum progettuale relativo alla conterminazione lato Canale ILVA così come richiesto dalla Sogesid.

In data 12/11/2014, la Sogesid ha quindi inviato il progetto esecutivo di variante, comprensivo dell'Addendum, al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per gli adempimenti e gli iter autorizzativi di competenza.

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha riscontrato in data 05/12/2014, con nota prot. n. 0031737/TRI, la nota Sogesid del 12/11/2014 condividendo, di fatto, la soluzione esecutiva proposta con tecnica composita “PSP” per il marginamento della falda e riportando principalmente due osservazioni riguardanti la riduzione della lunghezza della barriera nel settore lato canale ILVA e le modifiche dell'impianto TAF, concludendo che *“per quanto riguarda il marginamento, il progetto esecutivo contiene sostanziali variazioni rispetto al progetto definitivo, non solo sulle modalità realizzative ma anche sulla funzionalità complessiva dell'opera se non venisse incluso il completo marginamento lato canale ILVA come previsto nel progetto definitivo”*.

A fronte di tali osservazioni, nel corso dell'incontro del 20/03/2015, la Sogesid ha richiesto al progettista dell'esecutivo, in ottemperanza alla prescrizione formulata dal Ministero dell'Ambiente relativamente al marginamento completo lato canale ILVA, di rimodulare tecnicamente ed economicamente il progetto esecutivo di variante (rev.01) che ricomprenda espressamente la cinturazione del tratto canale ILVA così come prevista nel progetto definitivo e non più come eventuale Addendum.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

Il Progetto Esecutivo di variante (rev.02), con il quale sono state recepite le richieste di Sogesid integrando, secondo il principio della massima cautela ambientale, la precedente revisione con la realizzazione del marginamento lato Canale ILVA e con gli accorgimenti da adottare per migliorare la funzionalità dell'impianto TAF in ragione delle sopravvenute esigenze di trattamento dei parametri aggiuntivi, è stato quindi trasmesso al MATTM. Con nota prot. N. 9783/STA del 30/06/2015 il Ministero dell'Ambiente ha espresso parere positivo, formulando alcune prescrizioni che sono state integrate nella presente versione del Progetto Esecutivo ed in particolare negli elaborati: *“RE.IS – Nota tecnica illustrativa sintetica”* (Figura 3: Planimetria opere progetto esecutivo), *“RE.G.01 – Relazione descrittiva generale”* (Figura 1.8: Configurazione planimetrica delle opere di cinturazione; Figura 4.1: sviluppo diaframma di cinturazione; Figura 4.12: planimetria della rete di monitoraggio con piezometri; Figura 6.1: Cronoprogramma dei lavori suddiviso per fasi realizzative con consegne frazionate (ai sensi del c. 6 dell'art. 154 del D.P.R. 207/2010)), *“RE.CP.01 – Cronoprogramma delle attività suddiviso per fasi”*, *“TAV.G.03 – Planimetria interventi di progetto”* e *“TAV.G.04 - Sistema di monitoraggio della qualità e dei livelli di falda: planimetria delle stazioni di misura qualità acque”*.

## **1.2 Criteri e scelte progettuali**

Le attività preliminari propedeutiche alla redazione del “Progetto Esecutivo di primo stralcio funzionale” hanno riguardato principalmente: l'esecuzione di indagini geognostiche stratigrafiche integrative lungo l'asse di marginamento e l'esecuzione di n. 2 distinti campi prova in situ finalizzati ad individuare la migliore tecnologia operativa ed a verificare la tenuta dei sistemi di confinamento utilizzati:

- a) diaframma plastico con tecnologia CSM - *Cutter Soil Mixing*;
- b) diaframma impermeabile con tecnologia composita PSP - *Pre-drilling Sheet Piling* realizzato con palancole metalliche vibroinfisse nel terreno.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

Quanto sopra al fine di valutare il grado di permeabilità di tenuta dei sistemi di confinamento adottati ed il rispetto coefficiente di permeabilità di  $K \leq 10^{-9}$  m/s richiesto dal progetto definitivo.

Il principale obiettivo progettuale del campo prova è stato quello di simulare quindi la tenuta del diaframma di cinturazione per verificarne il raggiungimento/ottenimento (o meno) del richiesto coefficiente di permeabilità al sistema di marginamento ( $K < 10^{-9}$  m/s) ed al contempo di verificare/validare le relative tecniche e metodologie esecutive ed operative.

In particolare, le attività preliminari eseguite e propedeutiche per il completamento della redazione del “Progetto Esecutivo” sono così riassumibili:

- completamento delle indagini geognostiche stratigrafiche integrative (n. 15 sondaggi integrativi a carotaggio continuo lungo l'asse dei marginamenti) eseguite dal *Consorzio Uniland* ed acquisite dalla Sogesid S.p.A. (rif. *Elaborati PE Uniland da n. E000GRL09 a E000GRL18*), finalizzate ad individuare con certezza e maggiore dettaglio lo spessore dello strato antropico e l'orizzonte stratigrafico della formazione argillosa impermeabile (argille) dove attestare/intestare per 1 m il marginamento di cinturazione;
- esecuzione di n. 2 distinti campi prova *in situ* finalizzati ad individuare la migliore tecnologia operativa e per verificare la tenuta dei sistemi di confinamento utilizzati: diaframma plastico con tecnologia CSM (*Cutter Soil Mixing*) ed equivalente diaframma di conterminazione impermeabile con tecnologia composita PSP (*Pre-drilling Sheet Piling*) realizzato con palancole metalliche tipo AZ 14-770 o Hoesch 1707, con giunto impermeabile (con  $K = 3 \times 10^{-10}$  m/s tipo Wadit™ o similare), vibroinfisse nel terreno. Detto campo prove ha previsto la realizzazione di n. 2 “scatole” chiuse, una mediante palancole montate in modalità *jagged wall*, e l'altro mediante pannelli in CSM, entrambi spinti fino a raggiungere e penetrare per circa 1 m, e comunque fino a rifiuto, il substrato argilloso ovvero lo strato impermeabile. La tenuta idraulica di tali “scatole” è stata verificata mediante opportune prove di pompaggio da pozzo interno, con controllo costante dei livelli di falda

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

- all'esterno effettuato con appositi piezometri dotati di cella tipo Casagrande installati su ciascuno dei lati delle suddette “scatole”.
- Redazione di un modello matematico agli elementi finiti di filtrazione, interpretativo dei risultati ottenuti, finalizzato a valutare il grado di permeabilità di tenuta dei sistemi di confinamento adottati ed il rispetto coefficiente di permeabilità di  $K \leq 10^{-9}$  m/s richiesto in progetto.

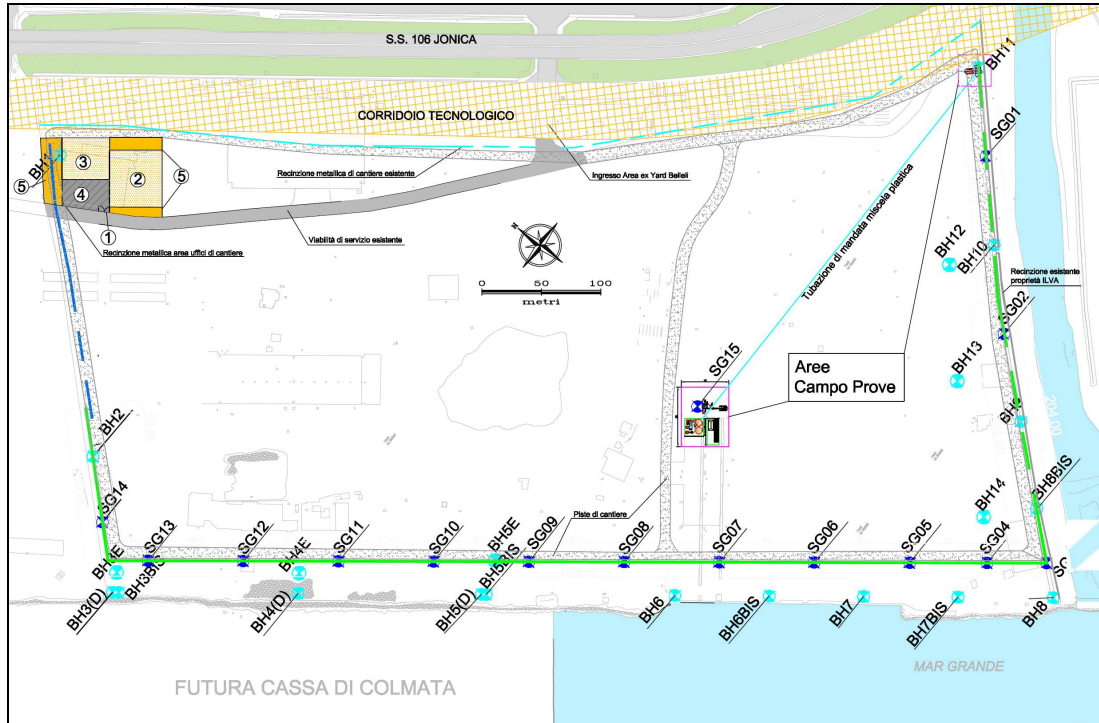
Tali attività preliminari hanno potuto avere inizio a partire dal giorno 25 giugno 2014 in quanto subordinate, per effetto dell'intervenuta normativa in materia e come richiesto dal Coordinatore della Sicurezza in corso d'opera, nell'ambito della redazione del P.S.C., al rilascio delle certificazioni di garanzia (primo “collaudo” rilasciato in data 24 giugno) dell'intervento di bonifica bellica profonda da eseguirsi ai sensi delle *“prescrizioni impartite dal competente 10° Reparto Infrastrutture - Ufficio B.C.M. di Napoli”* riportate nella relativa Autorizzazione n. 97 del 22/05/2014 – Segnalazione n. 11930 e del progetto di bonifica bellica, approvato in data 03/06/2014.

Le attività in campo sono iniziate nel mese di maggio 2014, dopo l'installazione del cantiere, l'approvvigionamento dei materiali, il trasporto e l'assemblaggio dei mezzi d'opera specialistici e, comunque, a seguito del

Si riporta nella [Figura 1.1](#) la planimetria delle attività propedeutiche a supporto della redazione del Progetto Esecutivo.

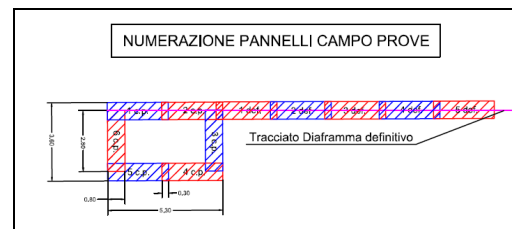
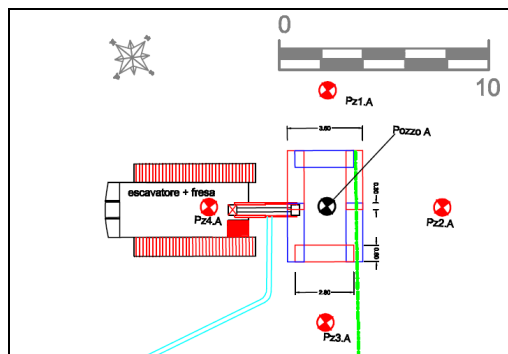
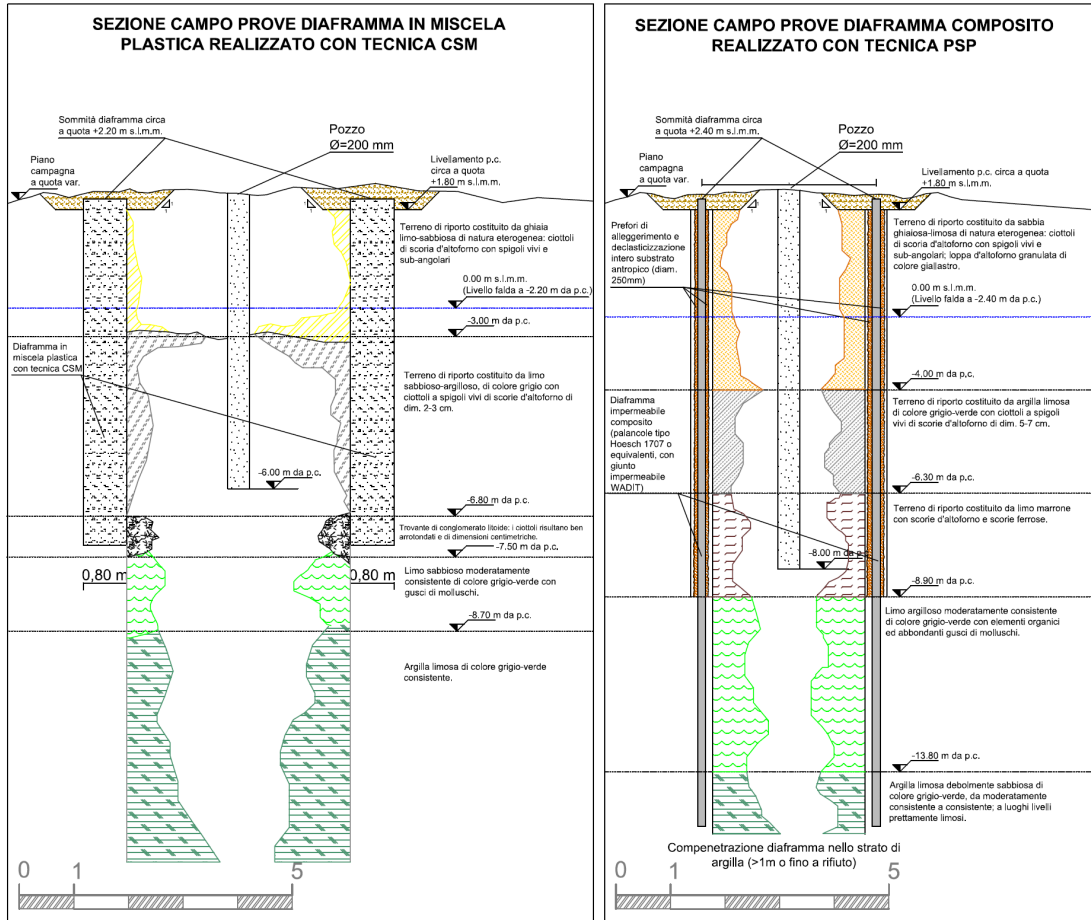
Nella [Figura 1.2](#) si riportano gli schemi costruttivi (pianta e sezioni) del campo prova eseguito con tecnologia “CSM” e “PSP” e delle relative fasi realizzative.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



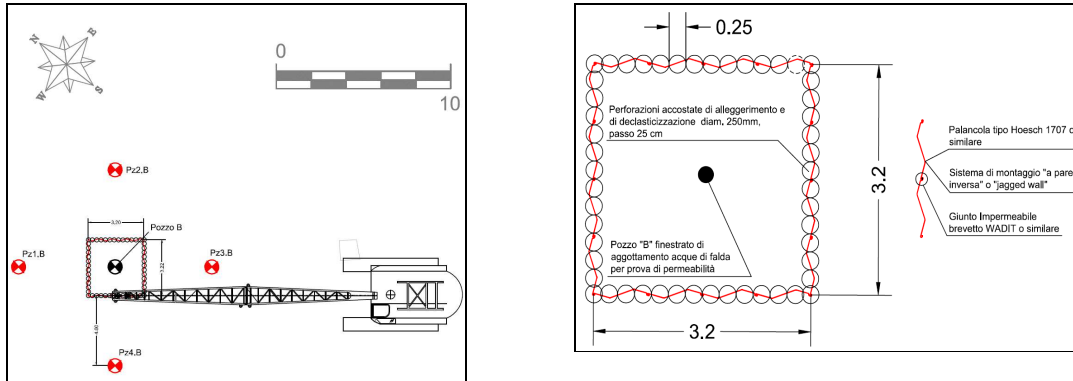
**Figura 1.1: Planimetria localizzazione attività propedeutiche alla progettazione esecutiva (completamento sondaggi stratigrafici, campo prove, bonifica bellica profonda eseguiti nel periodo Giugno-Luglio 2014).**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE





## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



**Figura 1.2: Schema campo prove con tecnologia “CSM - Cutter Soil Mixing” e “PSP – Predrilling Sheet Piling” e fasi esecutive (Giugno-Luglio 2014).**

Tutte le attività preliminari in cantiere sono terminate il 31 di luglio 2014, mentre l'interpretazione dei risultati con l'effettuazione del modello agli elementi finiti di permeabilità di entrambi i campi prova si sono potute completare solo nel mese di settembre 2014, in considerazione della complessità e varietà (in termini di permeabilità) dei terreni riscontrati al contorno dei campi prova e del particolare andamento della falda.

In sintesi, come meglio descritto nel seguito della presente relazione e negli elaborati descrittivi di corredo (*rif. “Elaborato RE.SP.10 - Relazione specialistica Campi Prova: interpretazione dei risultati prove di permeabilità e modello di filtrazione numerico agli elementi finiti”*), è emerso che il campo prova con “tecnologia CSM” non fornisce la garanzia sulla “costante” ed omogenea certezza del raggiungimento di un coefficiente di permeabilità  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s, richiesto in progetto, per effetto in particolare del fatto che la testa dell'utensile che miscela la bentonite, il cemento ed il terreno “*in situ*” attraversa strati fortemente variegati (financo a trovare formazioni litoidi), che costringono a notevoli ed anormali rallentamenti delle fasi di formazione dei pannelli, con conseguente impropria usura delle ruote di mescolazione e forti discontinuità delle caratteristiche della miscele plastiche che costituiscono il pannello ultimato.

**Tale criticità, di fatto, renderebbe l'opera realizzata con la suddetta tecnologia, non collaudabile.**

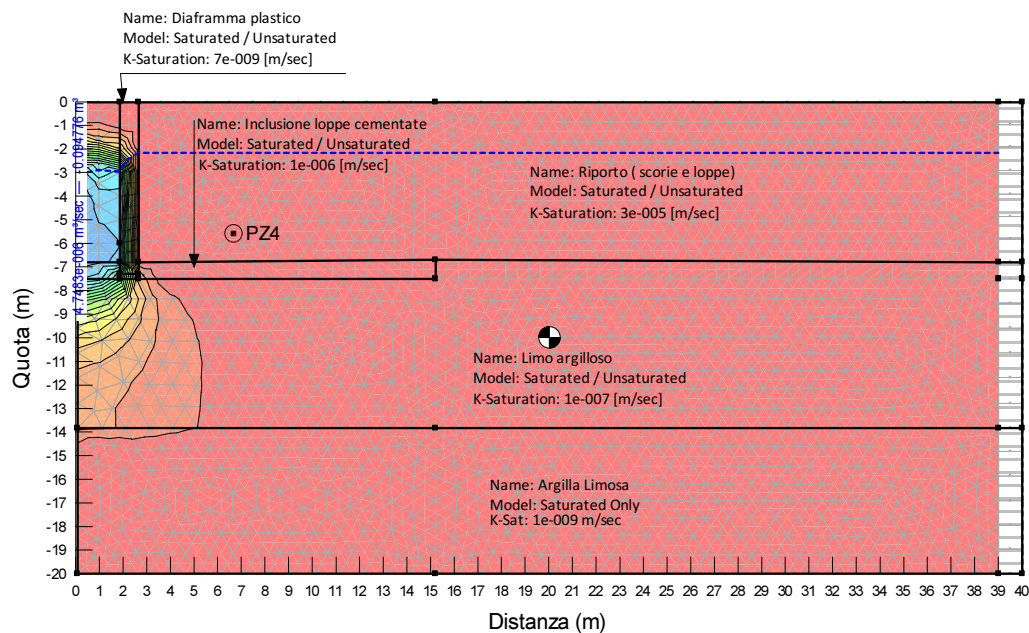
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

Al riguardo, si sono riscontrati anche produzioni di volumi di refluo (n.b.: miscela plastica mista a terreno, **da smaltire in discarica**) pari anche al 100% del volume del diaframma, rispetto al 30% previsto nel progetto definitivo; infatti in due pannelli realizzati (cfr. pannelli “1 cp” e “5 def”) di fatto è avvenuta la quasi completa “sostituzione” del terreno originario con boiaccia iniettata di bentonite e di cemento.

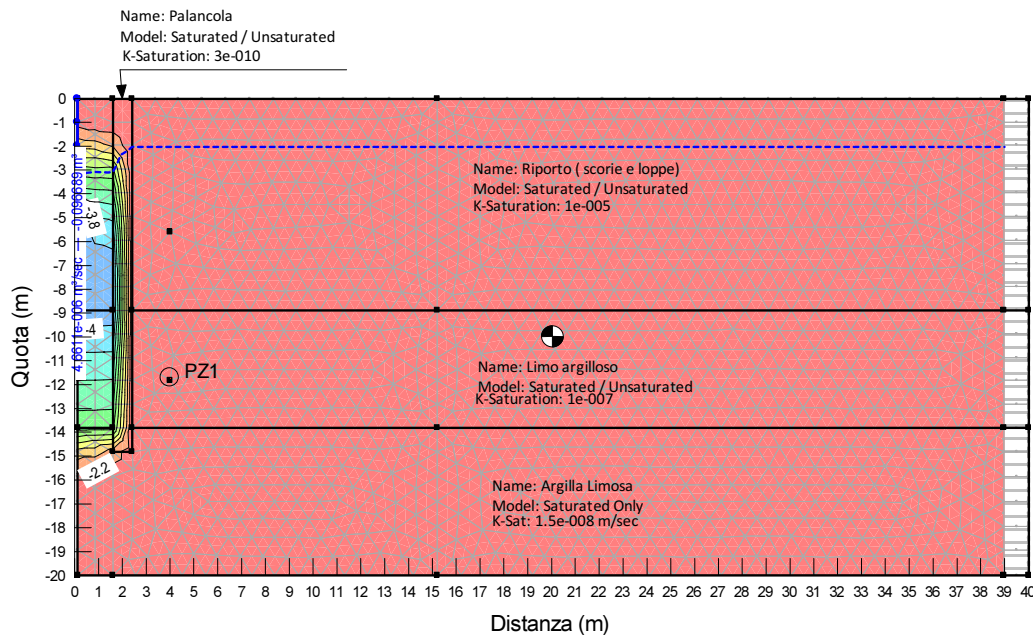
Per effetto di tali condizionamenti geotecnici, di difficile individuazione ed risoluzione in fase esecutiva, il coefficiente di permeabilità medio riscontrato è stato pari a  $K = 7 \times 10^{-9}$  m/s (ovvero 7 volte superiore al  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s richiesto in progetto e dalla normativa vigente), quindi non si è di fatto trapiantato l'obiettivo progettuale.

Di contro, per il diaframma realizzato con “tecnologia composita PSP”, con prefiori di alleggerimento si è riscontrato un coefficiente di permeabilità medio dell'intero sistema di  $K = 3 \times 10^{-10}$  m/s (di ben 30 volte inferiore al minimo richiesto di  $k \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s), ovvero il sistema è risultato idoneo al raggiungimento degli obiettivi progettuali con un ampio margine di sicurezza.

Nella [Figura 1.3](#) si riporta il confronto dei risultati del modello di filtrazione del campo prova eseguito con tecnologia “CSM” e “PSP”.



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



**Figura 1.3: Confronto del modello di filtrazione del campo prove con tecnologia “CSM - Cutter Soil Mixing” e “PSP – Predrilling Sheet Piling” (Settembre 2014).**

Sulla base di tali risultanze tecniche ed, anche, da un raffronto di tipo economico, nel progetto esecutivo è stato escluso di adottare la **“tecnologia CSM”** per l’esecuzione dei diaframmi di cinturazione in quanto, come detto, non garantisce il costante ed omogeneo raggiungimento della “performance” ambientale progettuale richiesta, relativa alla **“capacità di conterminazione idraulica in grado di assicurare requisiti di permeabilità [...] K minore o uguale a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s”**; al contempo, l’impiego di tale tecnologia comporta anche un costo superiore di circa il 43% rispetto alla esecuzione dei diaframmi con “tecnologia PSP”, come meglio evidenziato nel successivo Capitolo 7.

Al riguardo, infatti, si rappresenta come i campi prova abbiano evidenziato che nell’esecuzione dei pannelli in CSM si ha:

- un consumo di miscela cemento-bentonite da iniettare per ogni  $\text{m}^3$  di terreno “in situ” da trattare di circa 3 volte superiore a quello standard indicato nel Capitolato Speciale d’Appalto;

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

- un tempo di utilizzo della trivella e dell’attrezzatura di miscelazione, ovvero di esecuzione dell’opera, pari al doppio di quella prevista ed un’usura degli utensili di oltre 3 volte (vedi “Analisi di Prezzo NP02 – diaframma CSM”).

Inoltre, i volumi da smaltire in discarica, e quindi anche i relativi costi, s’incrementano di circa 3 volte (refluo da smaltire passa dal 30% al 90% di ogni m<sup>3</sup> di terreno trattato).

Nella [Tabella 1.4](#) si riporta un riepilogo dei dati osservati in relazione ai quantitativi di boiaccia iniettata, ai volumi di refluo ottenuto da smaltire ed ai tempi esecutivi rilevati nel corso dell’esecuzione degli 11 pannelli realizzati nell’ambito del campo prova della tecnologia “CSM”.

<b>Pannello</b>	<b>Volume Teorico (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Profondità da p.c. (m)</b>	<b>Tempi di esecuzione (minuti)</b>	<b>Miscela iniettata (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Refluo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Denti rotti</b>
1 cp	16,46	-7,35	104	15,169	17	7
2 cp	16,13	-7,20	47	12,352	14	7
3 cp	16,08	-7,18	69	11,35	13	3
4 cp	16,22	-7,24	77	11,895	13	3
5 cp	15,75	-7,03	61	12,861	14	5
6 cp	15,86	-7,08	61	11,785	13	2
1 def	16,35	-7,30	40	11,855	13	3
2 def	16,73	-7,47	64	11,745	13	4
3 def	16,46	-7,35	81	12,015	14	5
4 def	16,46	-7,35	57	12,015	13	3
5 def	22,49	-10,04	159	18,640	21	11

**Tabella 1.4: riepilogo delle volumetrie di miscela iniettata e di refluo verificatosi nei pannelli eseguiti per il campo prove con tecnologia “CSM - Cutter Soil Mixing” (Giugno/Luglio 2014).**

In conclusione, **si prevede di realizzare il diaframma di cinturazione esclusivamente con la tecnologia composita “PSP”**, previa esecuzione lungo l’asse di perimetrazione di preforni di alleggerimento di 250 mm di diametro e di lunghezza (in profondità) pari allo spessore del materiale di colmata di riporto (circa 10 m di media) per consentire la regolare vibroinfissione della paratia metallica anche in presenza di formazioni consistenti ovvero trovanti litoidi (incluse loppe).

Inoltre, tale scelta progettuale sulla tecnica da adottare per la realizzazione del diaframma di conterminazione della falda è in linea e conforme con le raccomandazioni riportate nella nota prot. n. 9650 del 21 aprile 2010 della Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche del MATTM dove *“si raccomanda, per quanto riguarda la tecnica CSM “cutter soil mixing” prevista per la realizzazione del diaframma di cinturazione, di verificare mediante prove pilota la congruità della scelta considerata la eterogeneità idraulica del sottosuolo comprendente blocchi di brecce, calcari e calcareniti, valutando la possibilità di utilizzare tecniche alternative di equivalente prestazione”*.

Peraltro, tale tecnologia (diaframma in palancola con giunti impermeabili) è anche conforme e simile a quanto previsto nei tratti di prolungamento a terra della futura *cassa di colmata funzionale all’ampliamento del V sporgente del porto di Taranto*, già affidati ed attualmente in fase di progettazione esecutiva.

Si fa presente inoltre che per il diaframma impermeabile realizzato con la tecnica “PSP”, non prevedendo tale tecnologia di effettuare alcuna miscelazione del terreno in sito, **non vi è la necessità, a differenza della tecnica CSM, di applicare il comma 1, lettera c) dell’art. 185 del D.lgs. 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni, relativo al riutilizzo delle terre e rocce da scavo**. Infatti, **tale tecnologia non produce di fatto materiali di risulta dallo scavo** da gestire in regime di rifiuti ovvero come sottoprodotti qualora consentito dalle caratteristiche chimico-fisiche. Ne consegue che, **l’applicazione di tale tecnologia di marginamento non comporta, ai sensi del Decreto Ministeriale n. 161 del 10 agosto 2012, la redazione di uno specifico “Piano di Utilizzo” (da sottoporre alla commissione VIA Ministeriale) ad integrazione del Progetto Esecutivo e necessario per l’approvazione dello stesso**.

In sintesi, nel presente progetto esecutivo di variante si prevede di realizzare il diaframma impermeabile interamente eseguito con *“tecnologia composita PSP”*, con prefiori di alleggerimento, per l’intera conterminazione della falda così da garantire in modo omogeneo, lungo l’intero sviluppo e senza alcuna discontinuità, il rispetto di entrambe le prioritarie *“performance”* ambientali richieste dal progetto, relative alla **capacità di conterminazione idraulica in grado di assicurare**

**requisiti di permeabilità  $K$  minore o uguale a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s**, come inequivocabilmente accertato e verificato nel corso dei test pilota e del campo prova anche in presenza di un elevata “eterogeneità idraulica” di cui è costituita la colmata medesima.

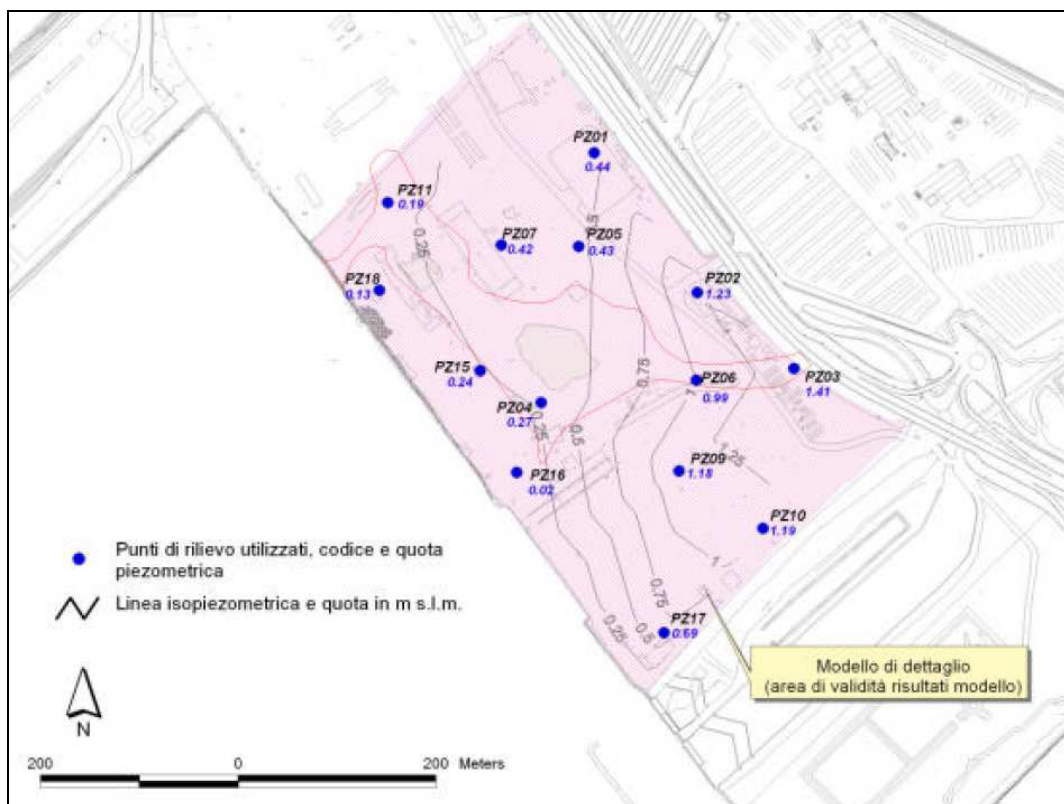
Per quanto concerne lo studio idrogeologico del sito, sulla base dei risultati del modello di flusso complessivo della falda contenuto nel progetto definitivo (rif. *Elaborato n. 4 del Progetto Definitivo Sogesid*) e del modello di flusso dello stralcio funzionale (rif. *Relazione Geotecnica Elaborato n. E000GRL24 – Progetto Esecutivo Uniland*), si è proceduto, in sede di redazione del progetto esecutivo dello stralcio funzionale, ad effettuare una dettagliata analisi sull’entità dei flussi entranti ed uscenti dall’area di colmata, al variare delle lunghezze dei diaframmi laterali (lato laminati ILVA e lato canale ILVA) e della lunghezza e della quota del tubo dreno della trincea drenante (sul lato Laminati ILVA), al fine di avere la piena garanzia sull’efficacia del sistema diaframma di cinturazione dello stralcio funzionale e sulle volumetrie di acqua di falda da trasferire al TAF.

Tale analisi (rif. Elaborati [“RE.SP.01 ALL. 1 – Relazione Geologica e Idrogeologica rev. Settembre 2014 – Prof. P.B.Celico”](#) e [“RE.SP.04 - Relazione specialistica di captazione acque di falda”](#)), ha portato alla rimodulazione dello sviluppo della cinturazione adottata per lo stralcio funzionale, in modo da garantire una migliore captazione ed intercettazione del flusso di falda con un notevole miglioramento degli obiettivi progettuali ambientali.

In particolare, la rimodulazione è consistita nel prolungamento del diaframma sul lato “*Laminati Ilva*”, per avere la certezza di intercettare ed oltrepassare un tratto di sottosuolo caratterizzato da una elevata eterogeneità idraulica, già evidenziato dal modello di flusso del progetto definitivo (vedi [Figura 1.5](#)) e definitivamente localizzato per estensione planimetrica nel corso delle indagini stratigrafiche integrative.



## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



*Figura 1.5: Modello di flusso del progetto definitivo.*

Al contempo, non si è apparso necessario completare l'intera cinturazione del lato “Canale Ilva”, in quanto da tale settore si possono considerare solo limitate e non significative portate entranti (per quantitativi tali comunque da essere in ogni caso completamente trattati nel previsto impianto TAF).

Successivamente, a valle della succitata nota del MATTM del 5/12/2014 (prot. N. 31737/TRI), ed in particolare in riferimento alle richieste indicate al punto 2, è stato elaborato un apposito **modello numerico del flusso di falda** dell'area dell'ex Yard Belleli di Taranto, che costituisse un adeguato supporto tecnico-scientifico per la verifica della funzionalità delle opere previste nel Progetto Esecutivo stralcio funzionale consegnato.

L'elaborazione di tale modello è stata effettuata utilizzando un codice di calcolo alle differenze finite nelle tre dimensioni (MODFLOW 2000) tale da permettere la ricostruzione del sistema idrogeologico locale con un grado di

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

dettaglio adeguato per la suddetta verifica della funzionalità del sistema di cinturazione progettato.

Sono stati pertanto simulati e verificati diversi scenari di calcolo, a seconda delle diverse condizioni al contorno in riferimento alle lunghezze dei tratti di diaframma e alla quota di imposta della trincea drenante.

Per ciascuno degli scenari, il modello ha quindi restituito i valori delle portate di acque di falda in entrata, in uscita (dai diversi lati) e drenate.

I risultati del modello hanno sostanzialmente consentito di trarre le seguenti principali conclusioni:

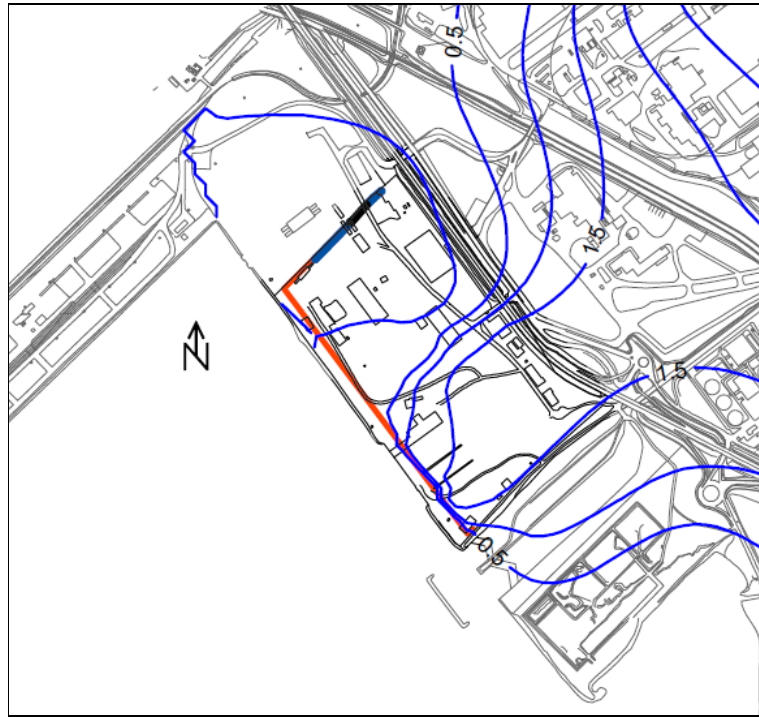
- Il modello ha confermato in pieno quanto dedotto in sede di Relazione Geologica e Idrogeologica (vedi Capitolo 5 e 6 dell'elaborato “[Allegato 1 – RE.SP.01 Relazione Geologica e Idrogeologica – revisione Settembre 2014](#)”) circa la totale assenza di portate provenienti dal Canale ILVA, rilevando, di contro, una minima, e quindi trascurabile, portata in uscita dall'area dell'ex Yard Belleli e diretta verso il Canale ILVA (nell'ordine di meno di 1 m<sup>3</sup>/ora);
- La profondità di attestazione dell'attacco della pompa collegata con la trincea drenante prevista nel Progetto Esecutivo (pari a -0.5 m s.l.m.) riesce ad intercettare interamente la portata in uscita verso l'area dei laminati ILVA, riducendo al contempo la portata drenata proveniente dall'esterno;
- La configurazione relativa allo scenario SC\_02 (vedi [Figura 1.6](#)), ovvero quella relativa al Progetto Esecutivo di variante (rev. 01), rappresenta la migliore soluzione in termini di ottimizzazione in quanto riguarda tutti gli obiettivi progettuali dello stralcio funzionale a fronte di un minor costo delle opere da realizzare;

Alla luce dei primi risultati di tale studio modellistico, la Sogesid ha quindi richiesto, sulla base del principio della massima cautela ambientale, di integrare il Progetto Esecutivo includendo il marginamento lato canale ILVA (oltre ad alcuni accorgimenti relativi all'impianto TAF), al fine di ottemperare alle richieste formulate dal MATTM con la succitata nota.



**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---



**Figura 1.6: Piezometria dello scenario di Progetto Esecutivo di variante (rev. 01).**

Sulla base di tale richiesta, lo studio modellistico è stato quindi integrato includendo un ulteriore scenario, relativo al presente Progetto Esecutivo di variante (rev. 02). La configurazione relativa a tale ultima revisione, denominata scenario SC\_04 (vedi Elaborato “[Allegato 1 – RE.SP.01 Relazione Geologica e Idrogeologica](#)”), che include il prolungamento della cinturazione lungo il lato del Canale ILVA, riguarda anch’essa gli obiettivi progettuali, ma soddisfacendo al contempo, con la cinturazione fisica del lato meridionale, il principio della massima cautela ambientale (vedi [Figura 1.7](#)).

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**



**Figura 1.7: Piezometria dello scenario di Progetto Esecutivo di variante (rev. 02).**

Infine, in conformità alle prescrizioni della Conferenza di Servizi decisoria del 23/06/2010 così come approvate dal MATTM con decreto prot. n. 408/TRI/B del 24/06/2010, sono stati effettuati, con il supporto della società *spin off* del Politecnico di Bari (T&A srl) specifici test di trattabilità sulle acque di falda prelevate in sito, al fine di ottimizzare il processo di trattamento ed attualizzarlo alle caratteristiche odierne delle acque da trattare.

Pertanto in data 14 maggio 2014, di concerto con i tecnici del laboratorio Re.Chem. (incaricato dalla T&A) e alla presenza del Direttore Operativo di cantiere, sono stati prelevati n. 5 campioni di acque di falda (circa 10 lt per campione dai piezometri denominati PZ10, PZ11, PZ16, Pz17 e PZ18) che sono stati prima analizzati secondo i parametri della Tabella 3, All. 5, Parte III, D.Lgs 152/06 e s.m.i. (limiti allo scarico di acque in corpi idrici superficiali) e successivamente sottoposti ai previsti test di trattabilità in scala di laboratorio.

I risultati delle analisi chimico-fisiche e dei test di trattabilità ha permesso alla T&A di redigere un apposito report conclusivo (cf. Elaborato [\*“RE.SP.05 ALL. 1 – Piano di indagini e prove di laboratorio delle acque di falda del sito ex Yard Belleli di Taranto: Rapporto finale”\*](#)) sulla base del quale è stato ottimizzato il processo di

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

trattamento dell'impianto TAF, incrementandone i livelli prestazionali in termini di efficacia nella riduzione delle concentrazioni di contaminanti entro i limiti allo scarico di cui alla succitata Tabella 3.

In particolare, le principali migliorie dell'impianto TAF hanno riguardato:

- introduzione di un'unità di coagulazione e successiva acidificazione dove addizionare le acque con PAC (Policloruro di Alluminio) e con HCl (Acido Cloridrico), al fine di ridurre i consumi di quest'ultimo di circa 13 volte (riduzione del “potere tampone” delle acque da trattare) e, quindi, i costi gestionali d'impianto (cfr. Elaborato [\*“RE.SP.05 – Relazione tecnica impianto di trattamento acque di falda”\*](#), § 3.1.2); inoltre in questo modo, con la formazione dei coaguli, si incrementa l'efficienza della successiva fase di flocculazione;
- utilizzo, quale agente ossidante di NaOCl (Ipoclorito di Sodio) in luogo del ClO<sub>2</sub> (Biossido di Cloro) in quanto i test effettuati hanno evidenziato una buona efficienza di trattamento a fronte di minori costi e più agevoli modalità di gestione; inoltre, l'impiego di ClO<sub>2</sub> comporterebbe anche il dover ri-neutralizzare le acque che raggiungerebbero un pH molto basso (valori intorno a 2) dovuto alla elevata presenza di *cloro libero attivo*;
- impiego di elementi prefabbricati metallici realizzati in acciaio INOX in modo da assicurarne la durabilità e l'efficienza (e quindi ridurre i costi di gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria) andando a trattare acque di natura salmastra ovvero con concentrazioni anche talvolta elevate di cloruri e solfati (dovute a fenomeni di ingressione del cuneo salino).

La più volte citata nota del MATTM del 5/12/2014, come detto, contiene anche osservazioni riguardanti il progetto dell'impianto TAF ed in particolare richieste di verifiche dell'efficacia del processo di trattamento progettato, soprattutto in riferimento all'abbattimento della tossicità acuta riscontrata sulle acque di falda prelevate in sito e alla funzionalità della filtrazione su carboni attivi a valle della fase di ossidazione chimica.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

Pertanto, al fine di ottemperare a tali richieste/prescrizioni, è stata effettuata nel periodo dicembre 2014 – gennaio 2015, sempre con il supporto della società T&A srl, una campagna integrativa di prove di trattabilità sulle acque di falda.

Tale campagna ha riguardato il prelievo di campioni dai piezometri presenti in sito (in totale analogia con quanto eseguito nella precedente campagna del maggio 2014) i quali sono stati sottoposti, in laboratorio, al treno di trattamenti previsto in progetto, in modo da simulare il processo previsto, così da poter riscontrare, mediante l'esecuzione di analisi, la depurazione eseguita.

Dalla lettura dei risultati di tali test integrativi, è emerso che:

- ✓ le concentrazioni rilevate di COD e BOD5 nelle acque di falda sono suscettibili di variazioni nel tempo anche molto importanti (anche oltre un ordine di grandezza);
- ✓ le prove di laboratorio hanno sostanzialmente confermato l'efficacia del treno di trattamento proposto in fase progettuale, specie in riferimento all'abbattimento delle concentrazioni di COD e BOD5 (anche con valori di “picco”);
- ✓ i risultati del test di tossicità acuta hanno mostrato che l'esigenza di contenere i valori del COD, BOD5 e del pH sotto i limiti di legge, richiede di modulare il dosaggio del reattivo ossidante (ipoclorito di sodio) nella maniera più idonea. Sarà, infatti, necessario individuare un dosaggio ottimale di ipoclorito che consenta l'abbattimento di BOD5 e COD al di sotto dei limiti per lo scarico a mare e, contestualmente, eviti l'aumento del Cloro residuo e del pH al di sopra dei rispettivi limiti di scarico, a tutela degli equilibri vitali dei microrganismi dell'ambiente marino – costiero;
- ✓ la funzionalità della fase di assorbimento su carboni attivi è stata positivamente verificata anche in condizioni di acque precedentemente sottoposte ad ossidazione chimica con ipoclorito di sodio.

A fronte di tali conclusioni dell'attività sperimentale di laboratorio, si è reso necessario apportare alcuni accorgimenti quali misure preventive e/o integrazioni

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

impiantistiche da prevedere ed inserire nel layout finale dell'impianto TAF in oggetto, al fine di ridurre il rischio che sovradosaggi del reagente ossidante per l'abbattimento del COD comportino successive problematiche nelle acque allo scarico (legate alle concentrazioni di Cloro libero residuo e a valori di pH).

Questi consistono quindi in:

- Esecuzione di una campagna di misurazione delle concentrazioni di COD e BOD5 in fase di costruzione ed avvio dell'impianto TAF, finalizzata al:
  - a. monitoraggio di eventuali variazioni nel tempo delle concentrazioni;
  - b. determinazione di una “curva di dosaggio ottimale”, ovvero della quantità di reagente ossidante da aggiungere alle acque in modo da ottenere valori in uscita compatibili con i limiti allo scarico e allo stesso tempo evitare i suddetti fenomeni indesiderati di sovradosaggio.
- Installazione di sonde per la misura *on-line* dei seguenti elementi, finalizzata al monitoraggio in continuo del trattamento e all'eventuale correzione del dosaggio di reagente ossidante:
  - a. Concentrazioni di COD nella vasca di accumulo acque in ingresso;
  - b. Concentrazioni di Cloro libero residuo nella vasca di accumulo acque in uscita allo scarico;
  - c. Valori di pH nella vasca di accumulo acque in uscita allo scarico;

Per i dettagli tecnici si rimanda alla relativa relazione specialistica “[\*RE.SP.05 – Relazione tecnica impianto di trattamento acque di falda\*](#)”.

In sintesi, lo stralcio funzionale del presente progetto esecutivo di variante (rev. 02) comprende le seguenti opere:

- ***marginamento dell'area mediante l'esecuzione di un diaframma impermeabile con “tecnologia composita PSP”, realizzato con palancole metalliche tipo AZ 14-770 o Hoesch 1707, con giunto impermeabile (con  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s tipo Wadit o similare) vibroinfisse nel terreno, previo prefori di alleggerimento, che inferiormente si***

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

***intesta/attesta per 1 m nella formazione delle argille in grado di garantire con continuità un sistema di marginamento con un coefficiente di permeabilità continuo pari a  $K < 1 \times 10^{-9}$  m/s***, allo scopo di intercettare le acque di falda che defluiscono a mare, posto a conterminazione della falda lungo tutto il tratto “**Lato Mare**” (Sud Ovest) per una lunghezza di 789 m, inclusi i due tratti di risvolto laterali (lato Nord Ovest “**Laminati ILVA**” per una lunghezza di 100 m e lato Sud Est “**canale ILVA**” per uno sviluppo di 406 m oltre 18 m di diaframma per il campo prova di CSM, totale 424 m); il diaframma impermeabile si attesta fino al substrato argilloso presente al di sotto dell’area ad una profondità variabile tra i -9,0 m ed i -21,0 m dal piano campagna;

- ***trincea drenante sul lato di Nord Ovest per uno sviluppo di 272,5 m con tubo dreno posto a quota a – 1,0 m s.l.m.m. (e quota di “attacco” della pompa di drenaggio fissata a -0,50 m s.l.m.m.),*** per meglio intercettare le acque di falda, il cui scopo è quello di “*regolarizzare le oscillazioni idrodinamiche*”, di mitigare e rendere confrontabili idrogeologicamente i dislivelli tra falda e livello mare, incluso l’impianto di sollevamento verso il TAF al fine di impedire lo scarico a mare della falda;
- ***impianto di Trattamento delle Acque di Falda (TAF),*** provenienti dalla trincea drenante lato laminati ILVA, su due linee di pari potenzialità da 50 m<sup>3</sup>/ora, con recapito a mare;
- ***area di stoccaggio temporaneo per la gestione dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo e rinterro, di eventuale stoccaggio di materiali non riutilizzabili in cantiere ovvero di rifiuti speciali,*** costituito da due piazzole impermeabili, opportunamente sagomate, delle di dimensioni in pianta di 28 x 16 m con una potenzialità di abbancamento di circa 1.000 m<sup>3</sup> ciascuna, inclusi il box di controllo, l’area lavaggio ruote camion ed il sistema di pesatura degli stessi;
- ***copertura mediante “capping” delle aree di stoccaggio, delle aree dell’impianto TAF e dei raccordi di viabilità definitiva;***

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

- **realizzazione dell'impianto elettrico di alimentazione esterna e di distribuzione interna all'area in progetto** al fine di garantire l'alimentazione dell'impianto di trattamento delle acque di falda, degli impianti di sollevamento acque di falda e dell'illuminazione delle strade e piazzali;
- **realizzazione di un edificio prefabbricato a servizio dell'impianto di trattamento e di stoccaggio** per utilizzo da parte del personale preposto alla sorveglianza ed alla manutenzione dell'impianto, dotato di locale controllo, servizi igienici e spogliatoi, acqua potabile ed alimentazione elettrica, deposito materiali e locale deposito campioni;
- **realizzazione di una viabilità interna di servizio agli impianti in modo da garantire un unico senso di manovra** (ingresso lato SS Ionica e uscita lato canale scarico ILVA) con relativo controllo degli automezzi in uscita (vasca di lavaggio pneumatici e box di controllo);
- **recupero degli idrocarburi surnatanti in fase libera flottanti** sulla falda (per una quantità stimata di 50 m<sup>3</sup>) nelle 2 aree depresse del ex canale Italsider mediante l'equipaggiamento di tre pozzi esistenti con 2 *skimmer* attivi pneumatici ( PZ4 E PZ13) ed 1 passivo (PZ11);
- **realizzazione di un sistema di monitoraggio della falda**, costituito da 19 piezometri dei quali 7 esistenti per la verifica in continuo la qualità ed i livelli della falda esistente.

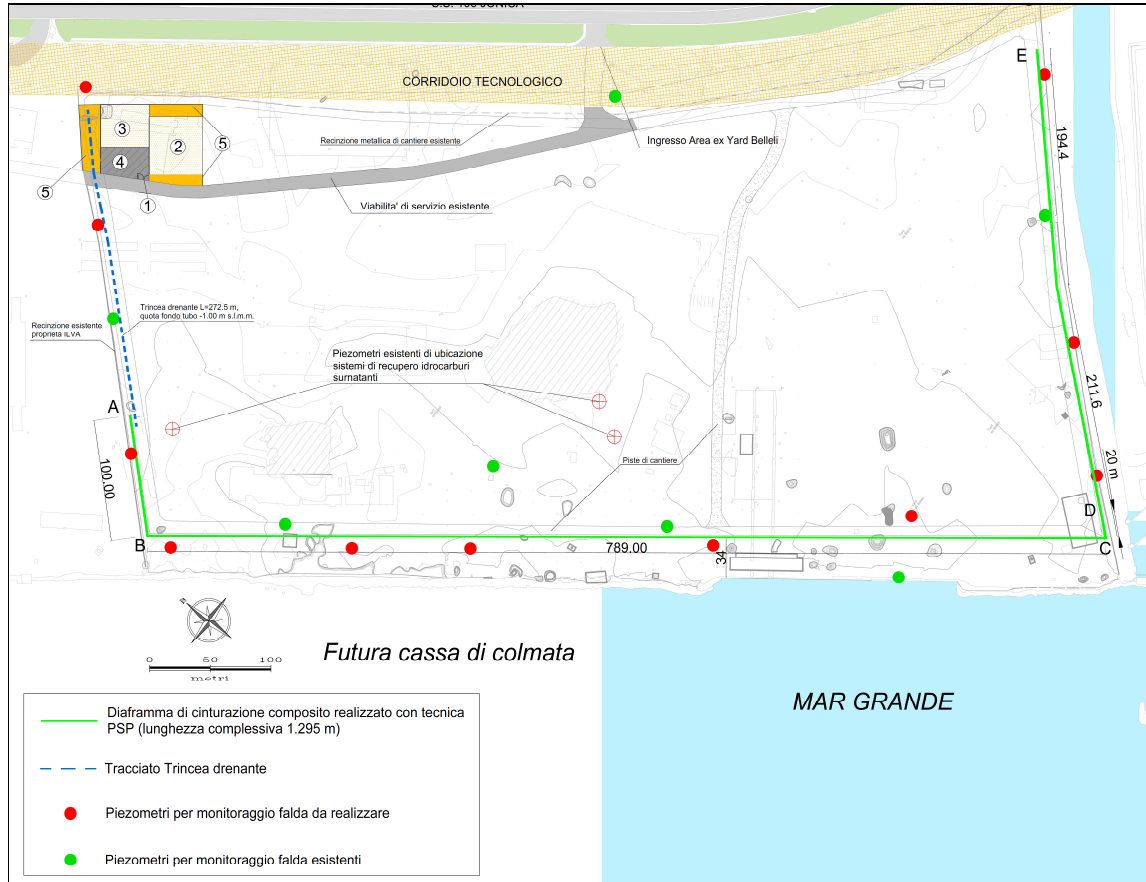
Nella [Figura 1.8](#) si riporta la planimetria delle opere di cinturazione e di perimetrazione previste.

Nella seguente [Figura 1.9](#) si riporta lo schema di processo dell'impianto TAF, così come ottimizzato a valle dei test di trattabilità effettuati.

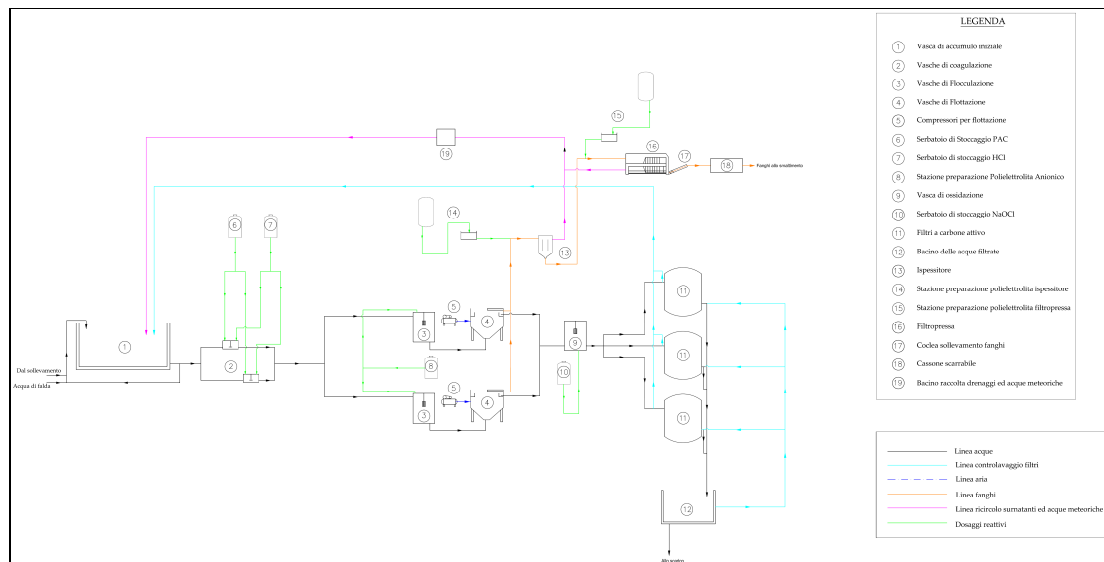


**REGIONE PUGLIA – SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI TARANTO**  
 Progettazione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli, funzionale alla realizzazione della cassa di colmata c.d. “Ampliamento V Sporgente”

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**



**Figura 1.8: Configurazione planimetrica delle opere di cinturazione.**

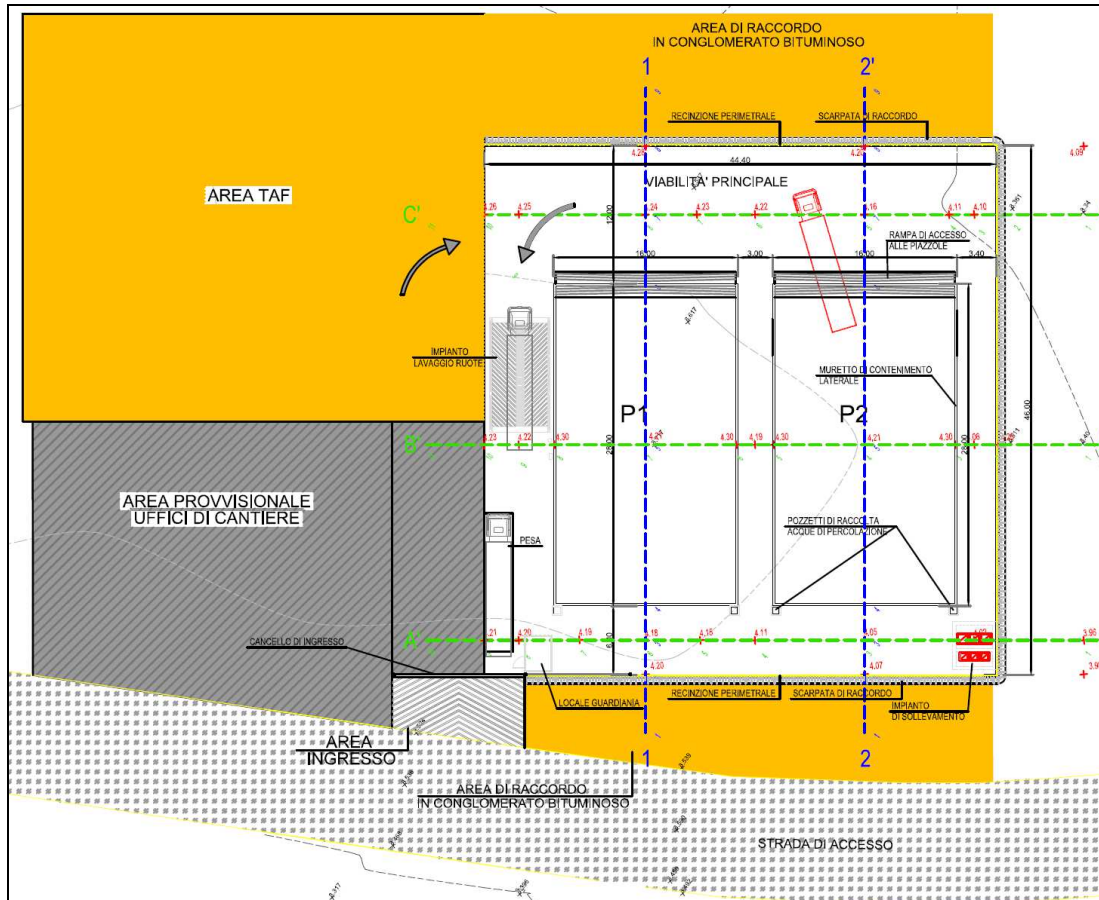


**Figura 1.9: Schema di processo impianto TAF**



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

Nella seguente **Figura 1.10** sono riportati i dettagli costruttivi dell'area di stoccaggio temporaneo per la gestione dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo e rinterro, di eventuale stoccaggio di materiali non riutilizzabili in cantiere ovvero di rifiuti speciali.



**Figura 1.10: Dettagli costruttivi dell'area di stoccaggio temporaneo per la gestione dei materiali**

Nei capitoli seguenti si riportano con maggiore dettaglio le indagini propedeutiche eseguite ed i risultati acquisiti, la descrizione delle opere e delle principali scelte progettuali, la gestione dei materiali nell'ambito del cantiere e le fasi di cantierizzazione.

Infine, si riporta il cronoprogramma delle attività esecutive ed il Quadro economico del progetto con le considerazioni sull'importo dei lavori.

## 2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

L'area dell'ex stabilimento Yard Belleli è ubicata nel Comune di Taranto, nell'area compresa tra Punta Rondinella e il V sporgente dell'Area Portuale di Taranto.

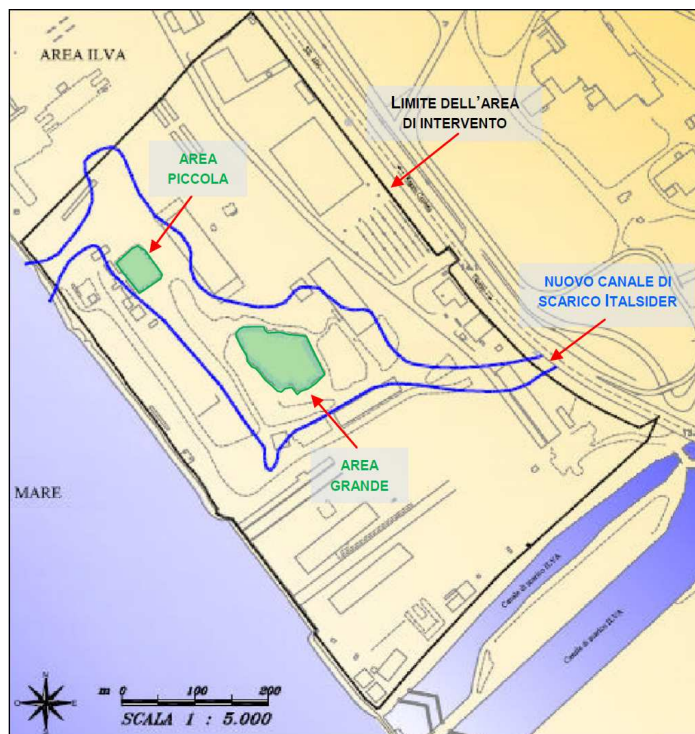
La zona indagata, che si estende per una superficie di circa 36 ha, è delimitata a Nord-Est dal rilevato stradale della S.S. 106 (Taranto – Reggio Calabria), a Sud-Est dall'attuale canale di scarico delle acque industriali dell'ILVA, ad Nord-Ovest dall'area industriale ILVA prospiciente il V sporgente del porto di Taranto ed a Sud-Ovest dal mare Ionio (vedi [Figura 2.1](#)).



**Figura 2.1 – Area d'intervento dell'ex Yard Belleli**

Il sito della Ex Yard Belleli appare oggi un'area pianeggiante posta alla quota di circa 3 – 4 m s.l.m., che degrada verso il mare con pendenze medie piuttosto dolci (circa 1%), ad esclusione di due zone più depresse denominate “area

piccola” e “area grande” che derivano dal non completo rinterro dell’area fanghi dello Yard Belleli, ricadenti all’interno del cosiddetto “nuovo canale di scarico Italsider” (vedi [Figura 2.2](#)).



**Figura 2.2 – Schematizzazione area d'intervento dell'ex Yard Belleli**

## **2.1 Inquadramento geologico**

Dal punto di vista geologico, l’area di intervento ricade lungo la fascia costiera delle Murge, dove, stratigraficamente, dal basso verso l’alto, si rinvencono i “Calcari di Altamura” (Cretacico), al di sopra dei quali, in trasgressione, sono presenti le “Calcareni di Gravina” (Pliocene). In continuità stratigrafica sulle stesse si ritrovano le “Argille del Bradano” (Calabrian), argille più o meno marnose grigio-azzurre con talora intercalazioni sabbiose. Esse costituiscono la base impermeabile dell’acquifero superficiale. Al di sopra delle stesse, vi sono depositi pleistocenici ed oloceni di varia origine (marina, lagunare-palustre, alluvionale, costiera) caratterizzati da una granulometria variabile da ghiaie a limi.

### *2.1.1 Assetto geo-litologico di dettaglio nell'area di colmata*

Per l'area di colmata, è stata ricostruita, attraverso la realizzazione di sondaggi geognostici, la seguente successione litostratigrafica <sup>(1)</sup>:

- terreno vegetale, talora misto a terreno di riporto, che non è presente su tutta l'area indagata;
- loppa di altoforno, assimilabile ad una sabbia o talvolta ad un ghiaietto ben classato;
- fanghi d'altoforno, assimilabile ad un limo talora argilloso;
- clasti calcarei, ciottoli e calcareniti, che si presume siano materiali di sottofondo e barriera frangiflutti e quindi di origine antropica;
- sabbie argillose grigiastre, presumibilmente da terreno in posto;
- argille grigio-azzurre, che costituiscono il substrato impermeabile.

Tale area è stata considerevolmente condizionata e modificata dall'intervento antropico, tanto che è stata via via sottratta al mare nel corso degli anni, modificando la linea di costa che, fino agli inizi degli anni settanta, era ubicata per lo più lungo la Strada Statale Jonica. A partire da quel momento, l'area antistante alla S.S. è stata colmata con materiali di scarto, terreni di riporto e anche con blocchi e massi calcarei, probabilmente utilizzati come scogliere di difesa dal moto ondoso.

L'elevata eterogeneità del materiale di riporto è ben visibile anche lungo la sezione A'-B che è stata ricostruita lungo il lato NW dell'area di intervento (cfr. Figure 2.3 e 2.4); confronta, ad esempio, l'estrema variabilità in corrispondenza di due sondaggi posti l'uno accanto all'altro (cfr. BH3D e BH3bis in sez. A'-B).

Tale sezione, assieme ad altre due, sono state ricostruite lungo i tre lati (SE, SW e NW) dell'area di colmata (cfr. [Figure 2.3, 2.4, 2.5, 2.6](#)) dove sono previsti gli interventi di messa in sicurezza. Ciò al fine di verificare la profondità del substrato argilloso impermeabile e, lungo il lato in cui è prevista la trincea drenante, di definire la successione stratigrafica ed i litotipi caratterizzanti l'acquifero.

---

<sup>(1)</sup>: cfr. “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione geologica e idrogeologica”, redatto da Sogesid (aprile 2010).



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

Per tali ricostruzioni sono stati utilizzati i dati relativi a:

- i sondaggi (S01÷S03) (cfr. [Figura 2.3](#)) realizzati, nel periodo marzo 2010, per le indagini di campagna del Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) (cfr. Allegati 1 e 2 all'Appendice B alla Relazione Geotecnica del Progetto Definitivo, redatto da “Sogesid S.p.A.”, aprile 2010) (Appendice 1);
- alcuni dei sondaggi (BH1÷BH11) (cfr. [Figura 2.3](#)) realizzati con la campagna di indagini integrativa “*Laborgeo*”, nel periodo gennaio-marzo 2012 (cfr. Allegati al Progetto Esecutivo Stralcio funzionale, redatto da “*Uniland Consorzio Stabile*”) (Appendice 2);
- i sondaggi (SG01÷SG14) (cfr. [Figura 2.3](#)) realizzati con la campagna integrativa di indagini geognostiche “*Soil Test s.r.l.*”, nel periodo luglio-agosto 2014.

Dall'osservazione della sezione A'-B (cfr. [Figura 2.4](#)), si evince che:

- lo strato di riporto ha uno spessore tra i 5-6 metri lungo il tratto BH1-S02, per poi aumentare fino ad un massimo di 12 metri lungo il tratto BH2D-BH3D-BH3bis; la base di tale strato si ritrova tra una quota di circa -1,5 m s.l.m. (in corrispondenza del sondaggio BH1) fino ad un massimo di circa -9 m s.l.m. (in corrispondenza di BH2D); il riporto, come si può osservare e come già detto in precedenza, è molto eterogeneo; infatti, anche a piccolissime distanze, come tra BH3D e BH3bis, le litologie sono molto diverse tra loro; è importante osservare la presenza, in corrispondenza di BH2D e SG14, di ciottoli e blocchi sub-arrotondati di varie dimensioni di scorie di loppa in matrice sabbioso limosa, quindi di materiale caratterizzato da una permeabilità relativa alta, maggiore rispetto ai livelli più sabbiosi o limosi;
- al di sotto, in corrispondenza di BH1, è presente uno strato di “*sabbie molto fini limose umide a medio-bassa plasticità, poco consistenti e*

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

*poco compatte, con comportamento assimilabile a liquefazione*<sup>(2)</sup>, che sembra proseguire con un aumento della quantità di limi in corrispondenza di S02 (*“limi con sabbia a granulometria molto grossa biancastra, poco addensati e frammisti a frustoli erbacei ...”* e *“frammenti di fossili marini madreperlacei”*<sup>(3)</sup>); la sua caratteristica principale è quindi una granulometria medio-alta ed una bassa compattezza; tale livello ha uno spessore di circa 4-5 metri e si ritrova ad una quota di circa -6-6,5 m s.l.m.;

- già in corrispondenza di S02 e lungo la direttrice BH2D e BH3D-BH3bis, al di sotto dei limi sabbiosi, sono presenti limi argillosi con uno strato dello spessore da circa 1 metro a circa 4 metri;
- alla base si rinvencono le argille limose caratterizzate da una consistenza medio-alta, a partire da una quota di circa -6 m s.l.m. (in corrispondenza del sondaggio BH1) fino ad un massimo di circa -12/-13 m s.l.m. (in corrispondenza di BH3).

Dall’osservazione della sezione B-C (cfr. [Figura 2.5](#)), si evince che:

- lo strato di riporto ha uno spessore variabile da circa 7 metri (in corrispondenza di SG09) a circa 18 metri (in corrispondenza di SG06); la base di tale strato si ritrova tra una quota di circa -4 m s.l.m. (in corrispondenza del sondaggio SG09) fino ad un massimo di circa -15 m s.l.m. (in corrispondenza di SG06);
- al di sotto è presente uno strato di limi argillosi dello spessore molto variabile fino a circa una decina di metri; nella parte superiore spesso la granulometria è maggiore e si ritrovano sabbie limose;
- le argille limose caratterizzate da una consistenza medio-alta, si rinvencono a partire da una quota minima di circa -11 m s.l.m. (in corrispondenza del sondaggio SG11) fino ad un massimo di circa -18 m s.l.m. (in corrispondenza di SG06).

---

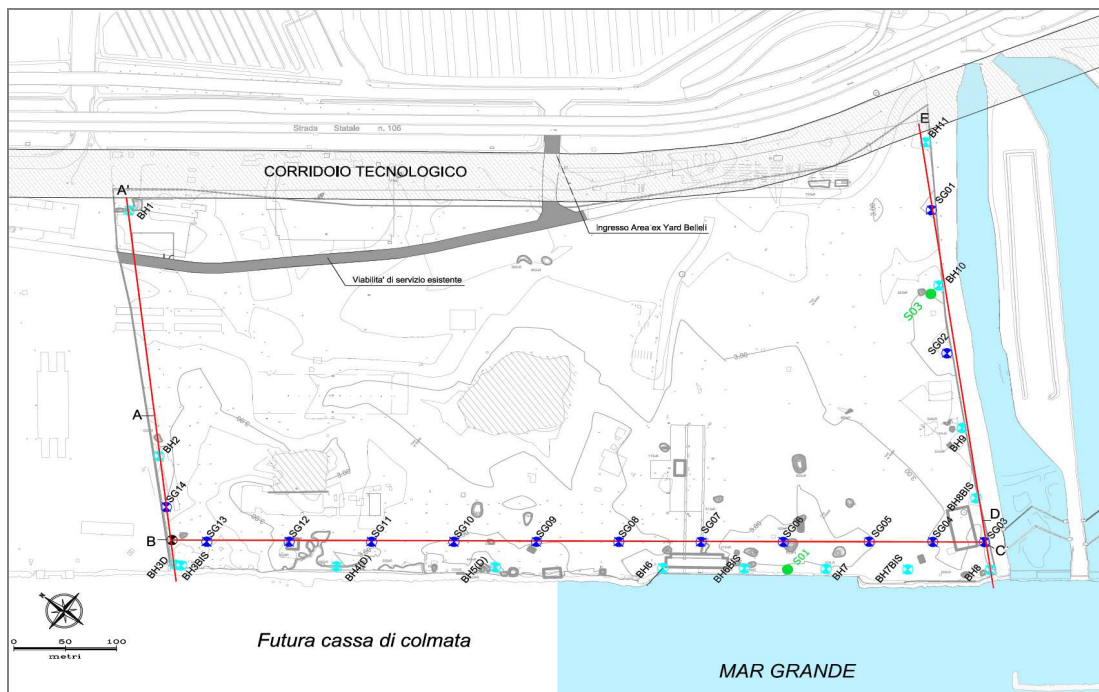
<sup>(2)</sup>: Allegato1-B (*“Stratigrafie”*) al Progetto Esecutivo Stralcio funzionale, redatto da Uniland Consorzio Stabile (cfr. Appendice 2).

<sup>(3)</sup>: Allegato 2 (*“Prospetti stratigrafici”*) all’Appendice B alla Relazione Geotecnica del Progetto Definitivo, redatto da *“Sogesid”*, aprile 2010 (cfr. Appendice 1).

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

Dall’osservazione della sezione E-C (cfr. [Figura 2.6](#)), si evince che:

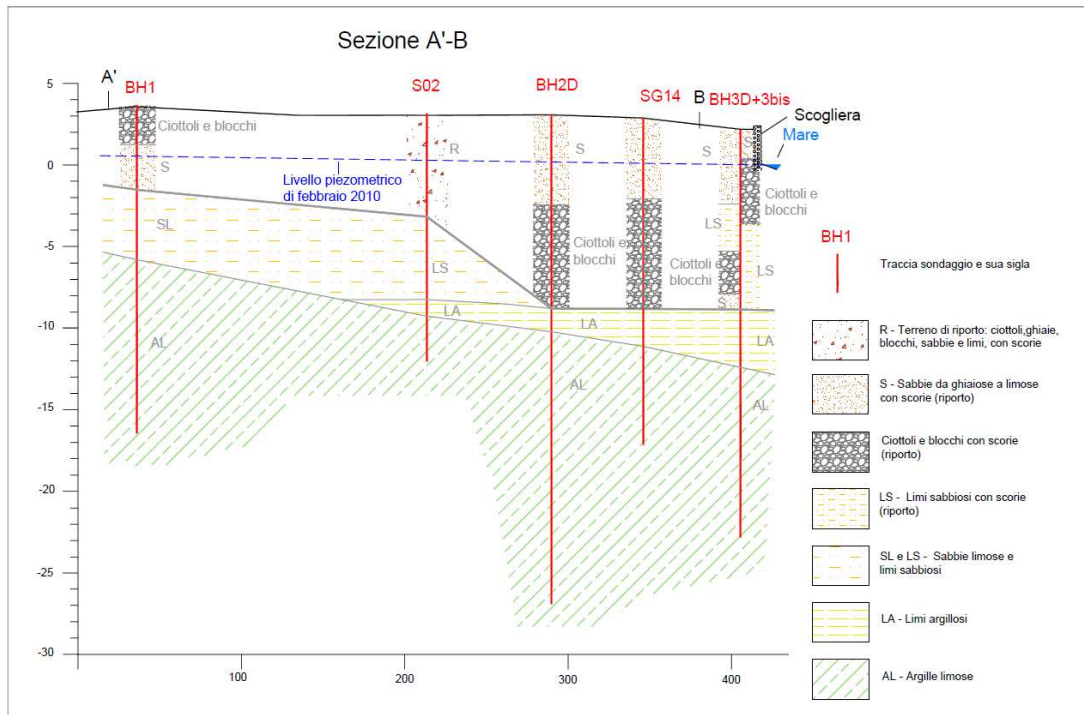
- lo strato di riporto ha uno spessore, a partire dal sondaggio SG01, tra circa 9-12 metri; la base di tale strato si ritrova tra una quota di circa -6 m s.l.m. (in corrispondenza del sondaggio SG01) fino ad un massimo di circa -9 m s.l.m. (in corrispondenza di G03);
- al di sotto è presente uno strato di limi argillosi dello spessore variabile da circa 2 metri a circa 5 metri;
- le argille limose, caratterizzate da una consistenza medio-alta, si rinvenivano a partire da una quota di circa -5 m s.l.m. (in corrispondenza del sondaggio BH11) fino ad un massimo di circa -(12-13) m s.l.m. (tra i sondaggi S03 e BH8).



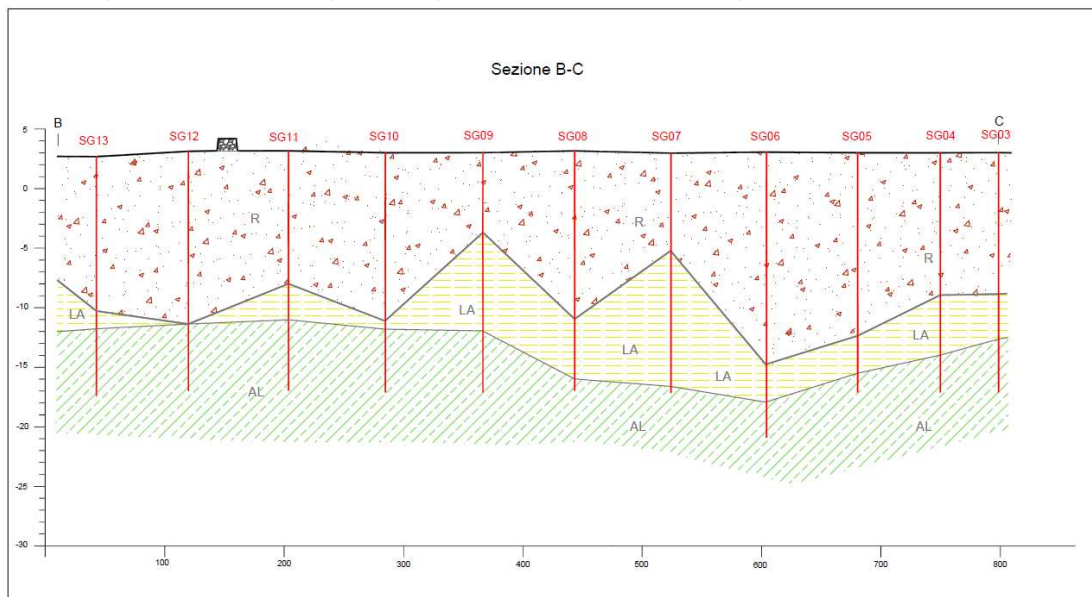
**Figura 2.3 – Carta di ubicazione dei sondaggi e delle tracce delle sezioni geolitologiche nell'area di colmata dell'ex Yard Belleli.**

In conclusione, i limi argillosi sono presenti lungo tutti e tre lati del barrieramento a profondità diverse da una quota minima di circa -5 metri s.l.m. (in corrispondenza di BH11) ad una massima di circa -21 metri s.l.m. (in corrispondenza di SG06).

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**



**Figura 2.4 – Sezione geolitologica A'-B nell'area di indagine della ex Yard Belleli.**

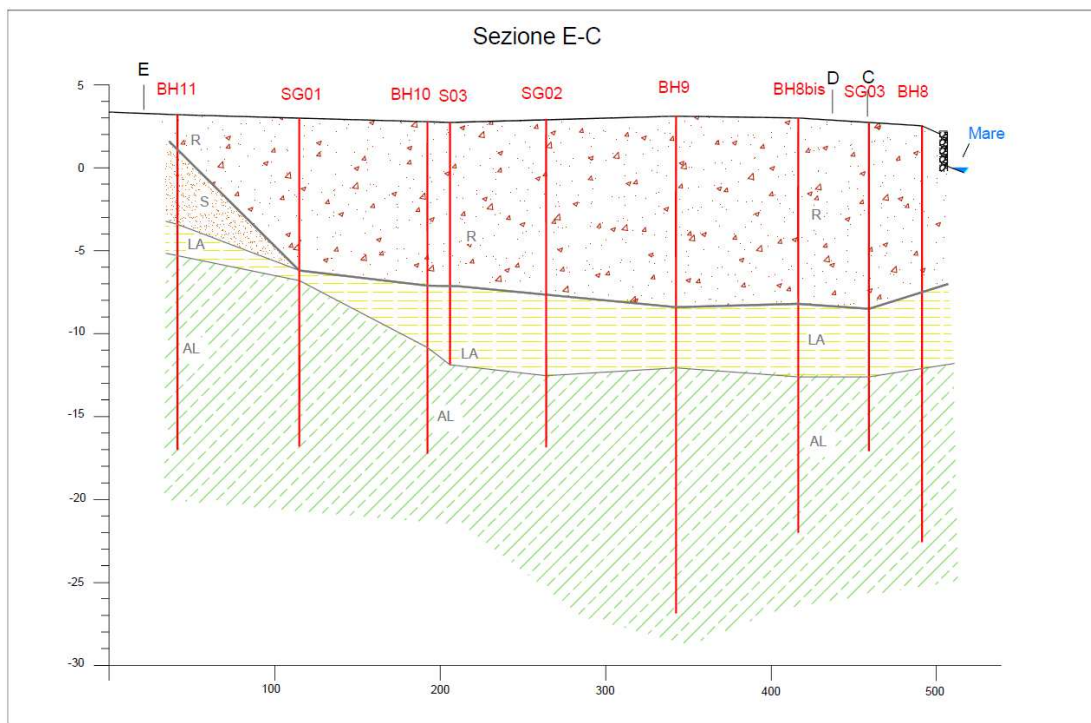


**Figura 2.5 – Sezione geolitologica B-C nell'area di indagine della ex Yard Belleli [per la legenda cfr. fig. 4.1/2a, Sez. A'-B]**

In effetti, questa zona è stata sottratta al mare e quindi via via colmata nel tempo; pertanto, nell'area più a monte, lo spessore di riporto è minore, così come



la profondità del substrato. Infatti, a man a mano che ci si allontana dalla linea di costa, il fondale marino si approfondisce.



**Figura 2.6 – Sezione geolitologica E-C nell’area di indagine della ex Yard Belleli [per la legenda cfr. fig. 4.1/2a, Sez. A'-B']**

## 2.2 Inquadramento idrogeologico

Il quadro idrogeologico a grande scala è caratterizzato, in base a quanto già indicato nel precedente paragrafo, dalla presenza di un acquifero carbonatico che dà origine ad una falda idrica sotterranea profonda, separata da quella superficiale (che si genera nei depositi quaternari) da depositi argillosi (“Argille del Bradano”) che possono essere considerati impermeabili.

Le caratteristiche lito-stratigrafiche dell’area costiera prossima a quella di intervento si traducono, dal punto di vista idrogeologico, nella presenza di un acquifero superficiale poroso, di natura prevalentemente sabbioso-limoso-ghiaiosa, delimitato alla base da un substrato impermeabile argilloso-limoso. Tale acquifero, nell’area di colmata, è costituito da materiali di riporto molto eterogenei,

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

le cui caratteristiche granulometriche sono molto variabili sia in senso orizzontale sia lungo la verticale.

A grande scala, la circolazione idrica sotterranea può assumere carattere di unicità. Il flusso, tipico dei mezzi continui, risulta particolarmente influenzato dalla eterogeneità e dalla anisotropia dei litotipi costituenti l’acquifero. Ciò comporta che, localmente, le acque sotterranee tendono ad interdigitarsi in più livelli idrici tra loro interconnessi, mediante flussi di drenanza e/o soluzioni di continuità negli orizzonti meno permeabili.

Per quanto riguarda la zona a monte dell’area di intervento, è disponibile esclusivamente la ricostruzione piezometrica elaborata per il Piano di Caratterizzazione dell’area ILVA<sup>(4)</sup> (cfr. [Figura 2.7](#)), dalla quale si evince l’esistenza di un flusso idrico principale con direzione ENE-WSW che arriva in corrispondenza dell’area di colmata più o meno in corrispondenza del “nuovo canale di scarico Italsider” (cfr. [Figura 2.7](#)).

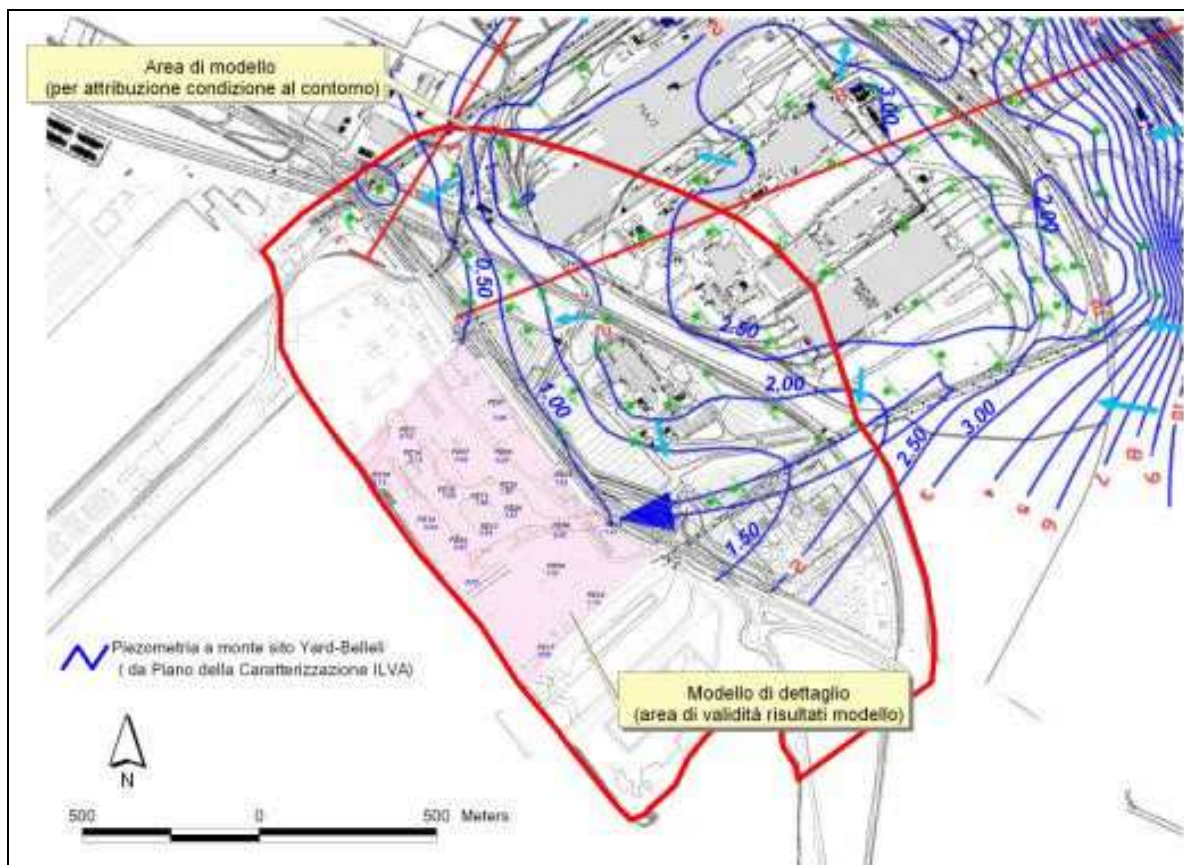
Nell’area di intervento, lo stesso asse di drenaggio preferenziale sembra proseguire verso SW, da quanto ricostruito con la campagna piezometrica di febbraio 2010<sup>(5)</sup> (cfr. [Figura 2.8 e 2.9](#)) e poi rielaborato con il modello di flusso<sup>(6)</sup> (cfr. [Figura 2.10](#)).

---

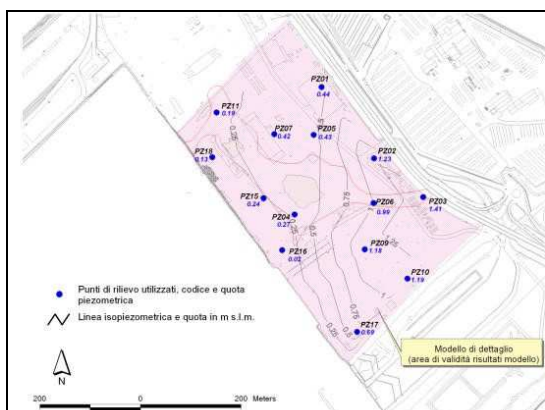
<sup>(4)</sup>: cfr. “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione Modello di Flusso” redatto da “Sogesid” (aprile 2010).

<sup>(5)</sup>: cfr. “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione Modello di Flusso” redatto da “Sogesid” (aprile 2010).

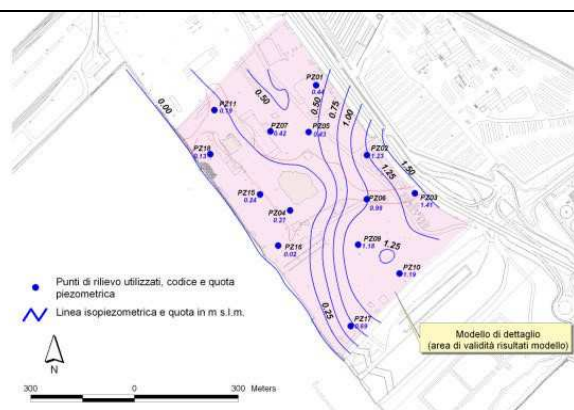
<sup>(6)</sup>: cfr. “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione Modello di Flusso” redatto da “Sogesid” (aprile 2010).



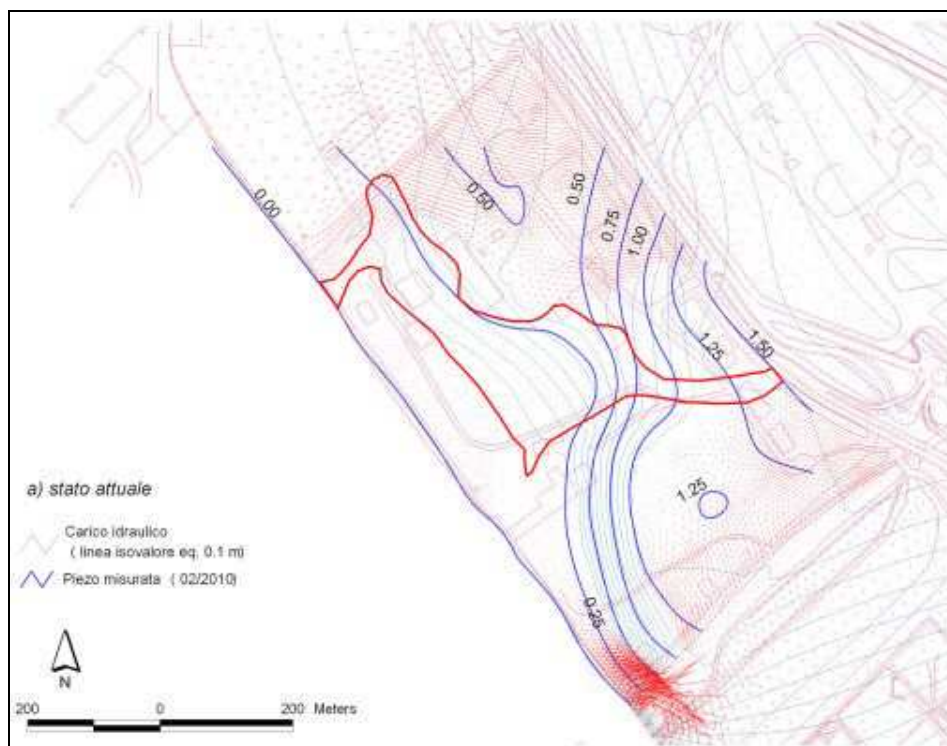
**Figura 2.7 – Ricostruzione piezometrica elaborata dal Piano di Caratterizzazione dell'area ILVA, per l'area a monte di quella di colmata dell'ex Yard Belleli [estratta dal “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione generale” redatto da “Sogesid” (aprile 2010)]**



**Figura 2.8 – Ricostruzione piezometrica relativa a febbraio 2010, elaborata attraverso il metodo di interpolazione con le triangolazioni lineari [estratta dal “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione Modello di Flusso” redatto da “Sogesid” (aprile 2010)].**



**Figura 2.9 – Ricostruzione piezometrica relativa a febbraio 2010, presa come riferimento per l'area ex Yard Belleli [estratta dal “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione Modello di Flusso” redatto da “Sogesid”(aprile 2010)].**



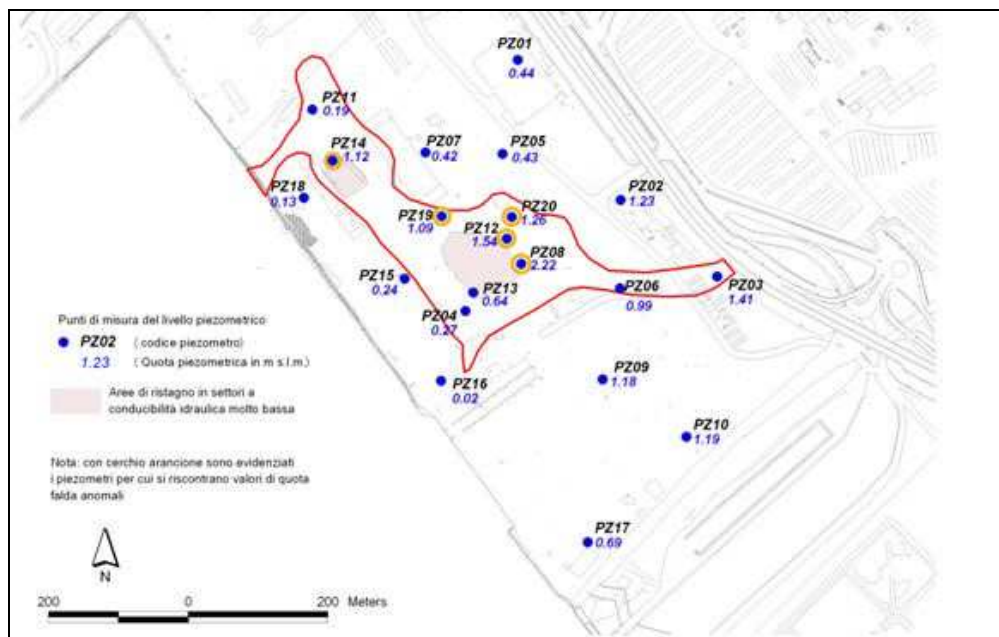
**Figura 2.10 – Confronto tra piezometria sperimentale (febbraio 2010) (in blu) e piezometria calcolata tramite il modello di flusso (in grigio) [estratta dal “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione Modello di Flusso” redatto da “Sogesid” (aprile 2010)].**

Per la ricostruzione piezometrica di febbraio 2010 (cfr. [Figure 2.8 e 2.9](#)) non sono stati presi in considerazione alcuni dei punti nel settore centrale del sito (cfr. [Figura 2.11](#)), in quanto non coerenti con le quote piezometriche dei punti circostanti. Essi “sono localizzati in una fascia a bassa permeabilità (cfr. [Figura 2.12](#)) e di ristagno superficiale per cui si presume una scarsa funzionalità in particolare in periodi piovosi come nelle condizioni delle misure effettuate, o almeno una forte influenza di effetti transitori, ovvero tempi elevati, in condizioni di permeabilità molto bassa, per riequilibrare le altezze piezometriche in periodi di ricarica”<sup>(7)</sup>.

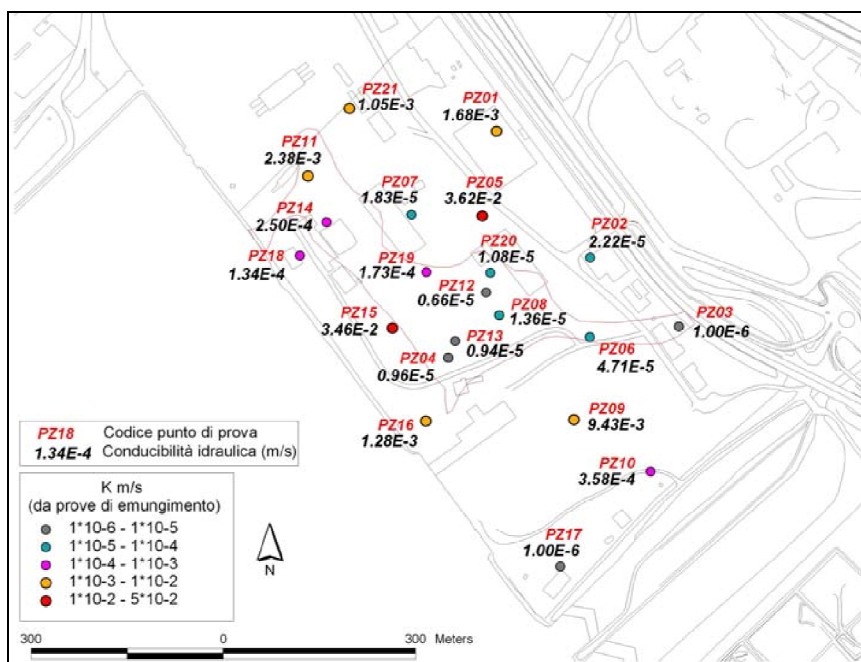
<sup>(7)</sup>: cfr. “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione Modello di Flusso” redatto da “Sogesid” (aprile 2010).



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



**Figura 2.11 – Punti in cui è stato misurato il livello di falda nel mese di febbraio 2010** [estratta dal “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione generale” redatto da Sogesid (aprile 2010)]. - [I punti cerchiati in giallo non sono stati utilizzati per la ricostruzione della superficie piezometrica; cfr. figg. 2.8 e 2.9]



**Figura 2.12 – Valori della conducibilità idraulica valutata sulla base delle prove di emungimento** [estratta dal “Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione generale” redatto da Sogesid (aprile 2010)].

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

La sostanziale validità delle anzidette ricostruzioni piezometriche è stata confermata anche da quella ottenuta attraverso le indagini effettuate per il progetto esecutivo (anno 2011)<sup>(8)</sup>, così come riportato in [Figura 2.13](#).

Infatti, al di là dei dettagli, dalle diverse ricostruzioni piezometriche si evince che, lungo tutto il tratto costiero, il deflusso idrico sotterraneo risulta sub-perpendicolare alla linea di costa essendo, il recapito ultimo della falda, rappresentato dal mare.

Tale falda superficiale è caratterizzata da portate modeste derivanti direttamente dalle precipitazioni per circa 2 l/s ( $I=1,82 \text{ l/s} = 157,5 \text{ m}^3/\text{d}$ ), oltre che dall'area ILVA per circa 5 l/s ( $Q=4,64 \text{ l/s} = 401,26 \text{ m}^3/\text{d}$ ) e dalle acque del canale di scarico ILVA situato lungo il margine SE dell'area, per circa 4 l/s ( $Q=4,28 \text{ l/s} = 369,76 \text{ m}^3/\text{d}$ ), secondo quanto riportato nella “*Relazione Modello di Flusso*” nel “*Progetto Definitivo degli interventi di messa in sicurezza e bonifica per l'area Yard-Belleli (TA)*”, redatto dalla “Sogesid”, aprile 2010<sup>(9)</sup>.

Per quanto riguarda queste ultime portate e cioè quelle che proverrebbero dal canale di scarico ILVA, c'è da considerare che dalle ricostruzioni piezometriche (cfr. [Figure 2.8, 2.9 e 2.13](#)), i deflussi idrici sotterranei ricostruiti lungo il canale sono sub-paralleli ad esso (con curve isopiezometriche perpendicolari al canale stesso), **il che indica l'assenza di interscambi sotterranei**.

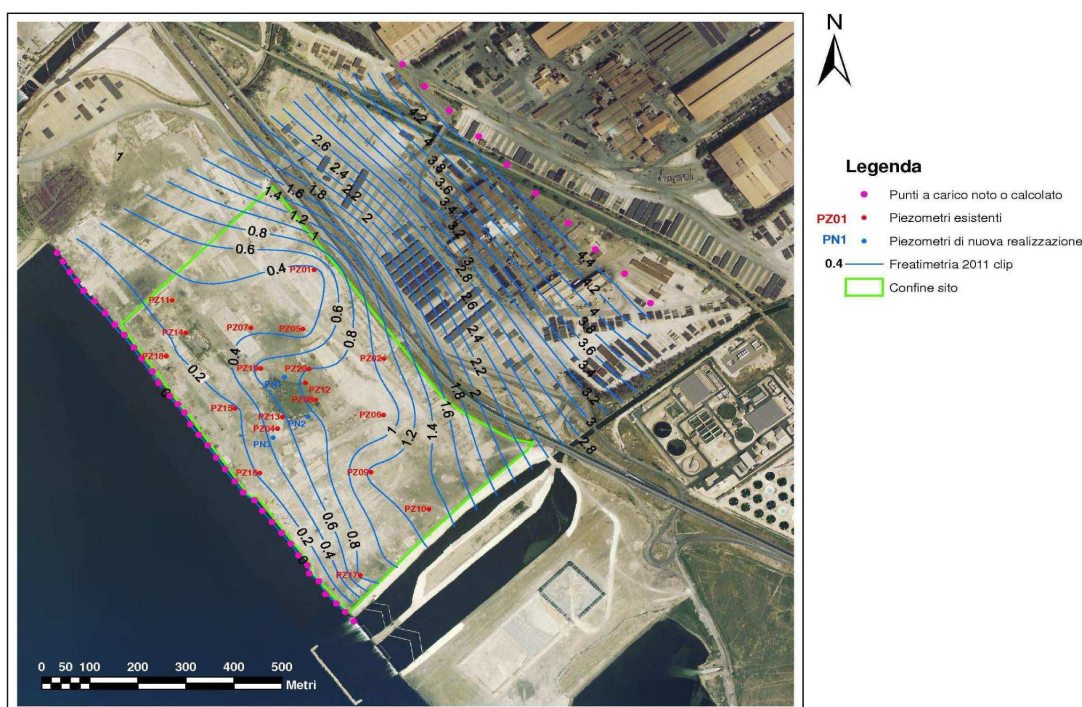
Nel Progetto Definitivo, l'esistenza di tali portate è stata ipotizzata a causa dei valori di conducibilità elettrica molto elevati sia delle acque di scarico, sia di quelle di falda del settore SE dell'area ex Yard Belleli (cfr. [Figure 2.14a - 2.14c](#)).

Tenuto conto di quanto osservato a proposito delle direttrici di flusso, l'elevata mineralizzazione delle acque di questo settore può essere invece spiegata con il trasporto dei sali disciolti soprattutto attraverso fenomeni di dispersione o di diffusione che tendono ad ampliare lateralmente la piuma di inquinamento.

---

<sup>(8)</sup>: cfr. “*Relazione Geotecnica*” nel “*Progettazione esecutiva degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA)*”, redatta da Uniland Consorzio Stabile.

<sup>(9)</sup>: cfr. “bilancio di massa degli afflussi e dei deflussi”, espresso come risultante in-out del bilancio sui singoli confini esterni+infiltrazione verticale; cfr. “*Relazione Modello di Flusso*” nel “*Progetto Definitivo degli interventi di messa in sicurezza e bonifica per l'area Yard-Belleli (TA)*”, redatto dalla “Sogesid”, aprile 2010.



**Figura 2.13 – Ricostruzione piezometrica del 2011 (cfr. “Relazione Geotecnica” nell’ambito della Progettazione esecutiva degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA), redatta da Uniland Consorzio Stabile).**

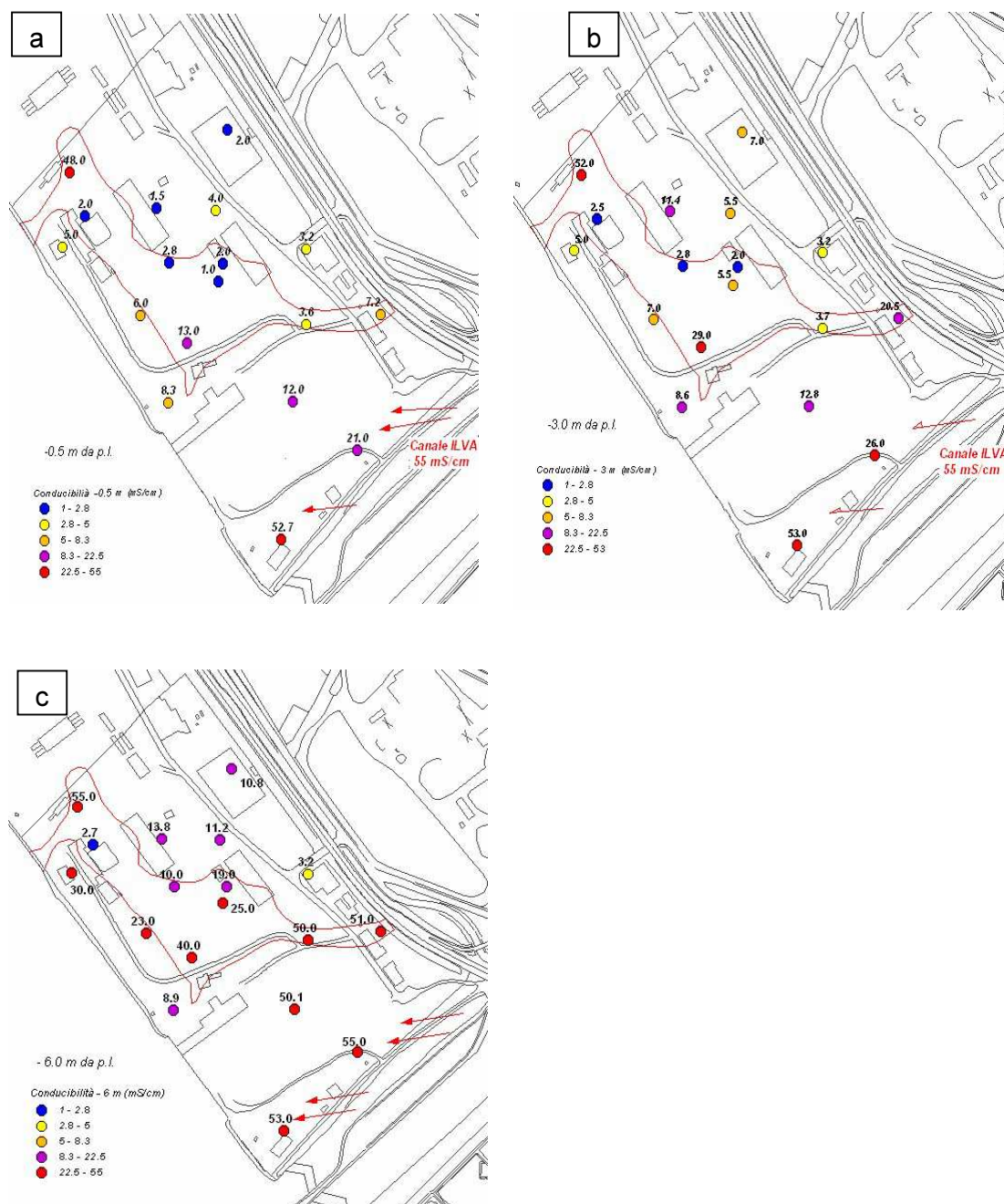
I valori di conducibilità delle acque però risultano relativamente elevati anche nell’area più a monte, ad esempio in corrispondenza del pz03 (cfr. [Figure 2.12 e 2.14a - 2.14c](#)), il che potrebbe dipendere dalla presenza in falda di acque mineralizzate provenienti dall’area ILVA situata immediatamente a monte o, come ipotizzato dalla stessa “Sogesid”, “risulterebbero compatibili con perdite dal canale ILVA anche nel tratto rivestito posto a monte della S.S. Ionica, per infiltrazione da eventuali discontinuità o ammaloramenti del rivestimento stesso”.<sup>(10)</sup> Entrambe le ipotesi sembrano essere avvalorate dalla ricostruzione piezometrica elaborata dal Piano di Caratterizzazione dell’area ILVA, per l’area a monte di quella di colmata (cfr. [Figura 2.7](#)), sia per la presenza di un’area di ricarica all’interno dello stabilimento, sia per la presenza di un asse di drenaggio preferenziale che passa proprio in corrispondenza del canale di scarico.

<sup>(10)</sup>: “Relazione Modello di Flusso” nel “Progetto Definitivo degli interventi di messa in sicurezza e bonifica per l’area Yard-Belleli (TA)”, redatto dalla Sogesid, aprile 2010.



## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

Comunque, ciò non toglie che in alcuni momenti particolari ed occasionali, quando dal canale vengono scaricate notevoli portate, è anche possibile che si abbia un minimo travaso di queste acque verso la falda sotterranea e di entità tale da essere trattate nel previsto impianto TAF.



**Figura 2.14 – Andamento della salinità (attraverso il parametro conducibilità elettrica specifica) a diverse profondità dal pelo libero della falda [estratta dal "Progetto Definitivo Stralcio Funzionale degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli (TA) - Relazione generale" redatto da "Sogesid" (aprile 2010)].**



### 3. ATTIVITÀ PRELIMINARI E STUDI PROPEDEUTICI AL PROGETTO ESECUTIVO

Preliminarmente alla redazione del presente Progetto Esecutivo, sulla base delle indicazioni fornite nel Progetto Definitivo, sono state effettuate una serie di attività preparatorie all'esecuzione del lavoro, ciascuna con degli obiettivi ben definiti, che di seguito si elencano:

#### **Sicurezza in cantiere**

1. ai fini della sicurezza in cantiere, in ottemperanza a quanto previsto nel D.Lgs 24/02/2012 n. 20, prima di procedere con le attività di indagine geognostica e campo prove, è stata eseguita una **campagna di ricerca ordigni bellici profonda**, secondo le istruzioni e prescrizioni impartite dal competente 10° Reparto Infrastrutture – Ufficio B.C.M. (cfr. Autorizzazione n. 97 del 22/05/2014); le modalità di verifica eseguite sono del tutto analoghe a quelle da applicare nella fase propedeutica alla realizzazione della cinturazione definitiva.

#### **Attività di supporto tecnico alla progettazione**

2. al fine di disporre di un supporto aggiornato e sufficientemente dettagliato su cui progettare gli interventi e le opere previste nel presente stralcio funzionale, è stato eseguito un **rilievo topografico di dettaglio** delle aree in oggetto, con restituzione bi e tri-dimensionale del piano di lavoro, incluso il rilevamento e la georeferenziazione dei manufatti presenti, dei confini e dei cumuli dei materiali abbancati (rifiuti);
3. per integrare i dati contenuti nel progetto definitivo redatto da “Sogesid” nonché quelli scaturiti dalla campagna di indagini e prove eseguita dal “Consorzio Uniland”, sono stati eseguiti **n. 15 sondaggi geognostici integrativi** volti principalmente alla definizione delle quote di rinvenimento, lungo l'asse della cinturazione, del fondo dello strato di origine antropica

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

- (colmata di riporto) e del tetto delle argille limose impermeabili (substrato impermeabile);
4. in conformità con le raccomandazioni riportate nella nota prot. n. 9650 in data 21 aprile 2010 della Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche del MATTM riportate in premessa, è stato realizzato un **doppio campo prove** al fine di **testare in campo e su scala reale la permeabilità del sistema di marginamento della falda**; tali test di permeabilità sono stati, quindi, eseguiti su n. 2 “scatole” confinate, realizzate una con diaframma plastico con tecnica “CSM” e l’altra con palancole metalliche impermeabili con tecnica composita “PSP”, successivamente attrezzate con pozzi di pompaggio, piezometri, etc.;
5. in conformità alle prescrizioni della Conferenza di Servizi decisoria del 23/06/2010 così come approvate dal MATTM con Decreto Dirigenziale prot. n. 408/TRI/B del 24/06/2010, sono stati effettuati, con il supporto della società spin off del Politecnico di Bari (T&A srl) specifici **test di trattabilità sulle acque di falda** prelevate in sito, al fine di ottimizzare il processo di trattamento ed attualizzarlo alle caratteristiche odierne delle acque da trattare.

Inoltre, a latere di tali attività propedeutiche alla progettazione, risulta necessario, quale contestuale attività emergenziale di messa in sicurezza del sito, **rimuovere lo strato di idrocarburi surnatanti** rilevato in fase di progettazione definitiva, in corrispondenza delle due aree depresse presenti nell’area dell’ex Yard Belleli; in ottemperanza alle prescrizioni riportate nel succitato verbale della Conferenza di Servizi decisoria del 23/06/2010, l’attività di rimozione del surnatante verrà preceduta da *“un’indagine di dettaglio tesa alla stima effettiva del prodotto libero da rimuovere durante l’intervento di messa in sicurezza permanente”*.

### **3.1 Bonifica da ordigni bellici profonda**

In relazione alla storica presenza nella città di Taranto di una delle principali basi della Marina Militare Italiana e, quindi, alla relativa importanza che la città ha rivestito per l'Italia nell'ultimo conflitto mondiale, prima di procedere con la realizzazione di opere “profonde”, quali sono i marginamenti fisici in oggetto ed i sondaggi geognostici, risulta necessario, ai fini della sicurezza ed in ottemperanza alla intervenuta normativa in materia (*D. Lgs del 24 febbraio 2012, n. 20*), eseguire un idoneo intervento di bonifica bellica profonda ovvero accertarsi dell'assenza di ordigni residuati bellici interrati, potenzialmente molto pericolosi per l'incolumità del personale che andrà ad operare in tali aree per l'esecuzione delle suddette attività.

Pertanto, prima di procedere con l'esecuzione dei sondaggi geognostici e dei campi prova preliminari e propedeutici alla redazione del progetto esecutivo e quindi all'esecuzione delle suddette diaframature, in data 14/04/2014 è stata inoltrata all'Ente preposto (*10° Reparto Infrastrutture – Ufficio B.C.M. di Napoli competente per il sud Italia*) opportuna istanza di autorizzazione all'esecuzione dei lavori di “*bonifica da ordigni esplosivi residuati bellici nel terreno suddetto*”. Tale Ufficio B.C.M. ha quindi autorizzato l'esecuzione dei lavori di bonifica (con Autorizzazione n. 97 del 22/05/2014), impartendo delle specifiche prescrizioni tecniche che sono state recepite nel Progetto di bonifica approvato con nota prot. M\_D E23663/10276/BCM/9.3.2.9/S.11930 del 03/06/2014 (vedi Elaborato “*RE.SP.08 – Relazione tecnica Bonifica bellica profonda preliminare*”).

L'intervento di bonifica da ordigni esplosivi, residuati bellici interrati si inquadra nell'ambito della normativa in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro ed in particolare nella fase di valutazione dei rischi (D.L.vo 81/08).

Per “bonifica da ordigni bellici” si intende il complesso di attività finalizzate alla ricerca, mediante apposita attrezzatura, di mine, bombe, proiettili od altri ordigni esplosivi in genere, nonché masse ferrose e residuati bellici di qualsiasi natura, nelle aree interessate dai lavori, nonché alla successiva rimozione in condizioni di sicurezza.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

Secondo quanto disposto dal recente D. Lgs del 24 febbraio 2012, n. 20, i lavori di bonifica bellica vanno eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, in ottemperanza alle prescrizioni impartite dall'Amministrazione Militare territorialmente competente.

Gli interventi di bonifica bellica profonda progettati nell'area in oggetto, sono indicati negli elaborati grafici progettuali denominati “[TAV.03.1](#)” e “[TAV.03.2](#)”.

Essi si articolano sostanzialmente in:

1. Fase 1: Bonifica bellica profonda propedeutica alle attività di indagine geognostica integrativa e al campo prove preliminare;
2. Fase 2: Bonifica bellica profonda propedeutica alla realizzazione del diaframma di cinturazione dell'area dell'ex Yard Belleli.

Data la particolare “storia” dell'area su cui si va ad intervenire (caratterizzata dal fatto che all'epoca dell'ultimo conflitto mondiale su tale area vi era sostanzialmente “mare”), secondo quanto disposto dalle competenti Autorità Militari (vedi Autorizzazione n. 97 del 22/05/2014 – Segnalazione n. 11930), in tutte le aree interessate dai lavorazioni “profonde” (sia sondaggi geognostici che lavori di diaframmatrice) la ricerca degli ordigni residuati bellici dovrà accertarne l'assenza nello strato di suolo sottostante l'originario piano campagna (ovvero fondale marino) per una profondità di almeno – 5,00 m.

Pertanto, le perforazioni finalizzate a tale ricerca profonda dovranno individuare innanzitutto la quota alla quale è presente tale originario fondale marino e da lì spingersi per ulteriori 5 m nella verifica con apposita strumentazione.

Tutte le perforazioni di ricerca profonda dovranno essere effettuate utilizzando esclusivamente tecniche di trivellazione non a percussione (ovvero mediante trivella elicoidale rotante, carotiere con testa diamantata, etc.).

La bonifica bellica profonda dovrà essere preceduta, in ciascuno dei punti e/o delle aree in cui si interverrà, da una verifica superficiale relativa ai primi 100 cm di suolo, eventualmente previa rimozione della vegetazione, laddove necessario, per garantire la regolare esplorazione.

### **Fase 1 (attività propedeutiche alla progettazione)**

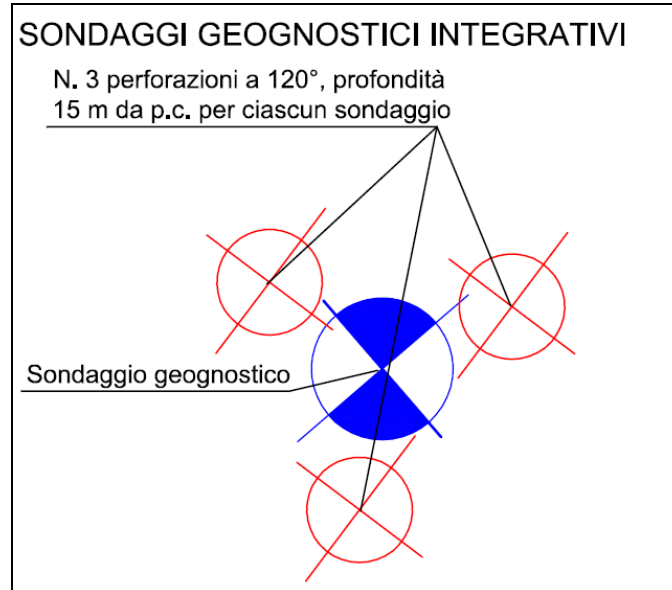
La fase 1 è quella relativa alle attività propedeutiche alla progettazione esecutiva ovvero:

- Esecuzione di n. 15 sondaggi geognostici integrativi lungo lo sviluppo della cinturazione;
- Esecuzione delle n. 2 “scatole” di prova in scala reale per testare la permeabilità dei sistemi di cinturazione.

In relazione ai sondaggi geognostici, prima della loro esecuzione, si procederà per ciascuno di essi con la realizzazione di n. 3 fori disposti a 120° l'uno dall'altro intorno al punto di sondaggio. Tali fori saranno spinti fino alla profondità di – 5,0 m dalla quota del piano campagna (fondale marino) originale. All'interno di ciascun foro verrà inserita una camicia di materiale amagnetico del diametro di almeno 63 mm, che servirà a sorreggere le pareti del foro e a poter calare il magnetometro al suo interno, in modo da verificare l'eventuale presenza di corpi ferromagnetici sepolti. Le perforazioni, come detto, verranno eseguite esclusivamente con l'impiego di tecniche non a percussione.

Una volta verificata l'assenza di corpi ferromagnetici lungo le 3 verticali di sondaggio, sarà possibile procedere, a valle della verifica di collaudo da parte dei competenti organi di controllo (e quindi a valle dell'emissione del relativo “Verbale di constatazione”), con l'esecuzione del sondaggio geognostico nel punto previsto (vedi [Figura 3.1](#)).

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



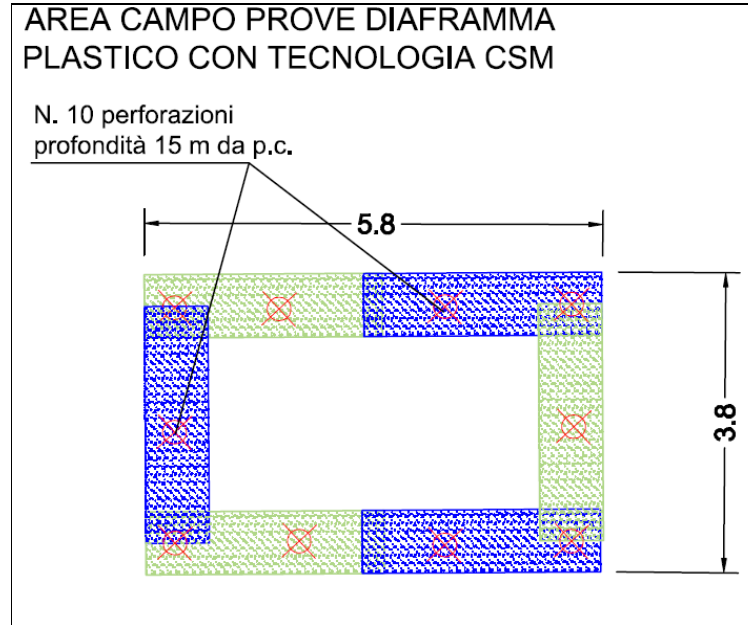
*Figura 3.1: perforazioni per ricerca ordigni intorno a ciascun sondaggio geognostico*

In relazione alle “scatole” di prova in scala reale delle tecnologie di cinturazione, si procederà realizzando una perforazione ogni 2 m di sviluppo lineare dei diaframmi, spinta fino alla profondità di – 5,0 m dalla quota del piano campagna (fondale marino) originale. Nella fattispecie, si avrà che:

- per quanto riguarda la “scatola” di prova della tecnica CSM (vedi [Figura 3.2](#)), avendo questa la pianta di forma rettangolare con lati 3 m x 6 m (perimetro totale 18 m), si realizzeranno n. 10 perforazioni spinte fino alla profondità di – 5,0 m dalla quota del fondale originale (ubicato in tale area a circa – 10,0 m dal p.c.). All'interno di ciascun foro verrà inserita una camicia di materiale amagnetico del diametro di almeno 63 mm, che servirà a sorreggere le pareti del foro e a poter calare il magnetometro al suo interno, in modo da verificare l'eventuale presenza di corpi ferromagnetici sepolti. Le perforazioni, come detto, verranno eseguite esclusivamente con l'impiego di tecniche non a percussione. Una volta verificata l'assenza di masse ferromagnetiche lungo le verticali investigate e una volta ottenuto il collaudo da parte dei competenti organi di controllo, sarà possibile procedere con le operazioni di realizzazione dei pannelli in miscela plastica cemento-bentonite con tecnica CSM per formare la scatola di prova.

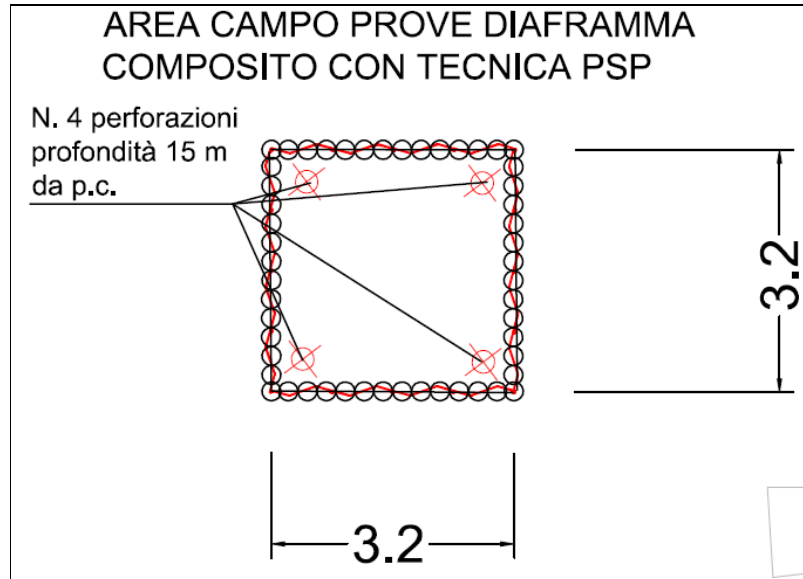


PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



**Figura 3.2: perforazioni per ricerca ordigni su “scatola” di prova della tecnica CSM**

- Per quanto riguarda la “scatola” di prova della tecnica PSP (vedi [Figura 3.3](#)), avendo questa una pianta di forma quadrata con lato di circa 3 m (perimetro totale 12 m circa), al fine di ottimizzare le attività di trivellazione, si è optato per l'esecuzione di n. 4 perforazioni ubicate nei vertici della scatola e spinte fino alla profondità di – 5,0 m dalla quota del fondale originale (ubicato a circa – 10,0 m dal p.c.). All'interno di ciascun foro verrà inserita una camicia di materiale amagnetico del diametro di almeno 63 mm, che servirà a sorreggere le pareti del foro e a poter calare il magnetometro al suo interno, in modo da verificare l'eventuale presenza di corpi ferromagnetici sepolti. Le perforazioni, come detto, verranno eseguite esclusivamente con l'impiego di tecniche non a percussione. Una volta verificata l'assenza di masse ferromagnetiche lungo le verticali investigate e una volta ottenuto il collaudo da parte dei competenti organi di controllo, sarà possibile procedere con l'esecuzione delle operazioni di perforazione di alleggerimento e con la successiva infissione dei palancolati metallici impermeabili per formare la scatola di prova.



**Figura 3.3: perforazioni per ricerca ordigni su “scatola” di prova della tecnica PSP**

In **Figura 3.4** si riporta una fase operativa di realizzazione delle perforazioni per la ricerca profonda con carotiere a rotazione.

In **Figura 3.5** si riportano un’immagine relativa alla ricerca profonda effettuata intorno ad un punto di sondaggio.

In **Figura 3.6** si riporta un’immagine relativa alla ricerca profonda effettuata sulla “scatola” da realizzare con diaframmi “CSM”.



**Figura 3.4: perforazioni per ricerca ordigni con carotiere a rotazione**

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---



*Figura 3.5: perforazioni per ricerca ordigni intorno ad un punto di sondaggio*



*Figura 3.6: perforazioni per ricerca ordigni su “scatola” con diaframmi “CSM”*

## **Fase 2 (esecuzione dei lavori)**

Tale fase è quella relativa alla realizzazione della cinturazione definitiva dell’area. Prima di eseguire tali attività, ai fini della sicurezza è necessario quindi,

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

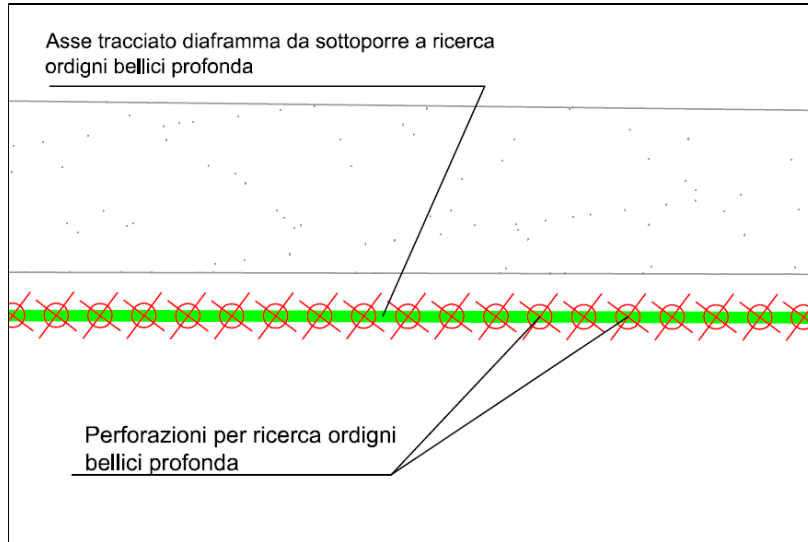
come prescritto dalle Autorità Militari competenti sul territorio, accertarsi dell'assenza di ordigni residuati bellici nel sottosuolo e fino ad una profondità di – 5,0 m dal piano campagna originario (ovvero dal fondale marino).

Pertanto, prima di eseguire i lavori, si procederà lungo l'asse di tale diaframma andando a realizzare una perforazione ogni 2 m di sviluppo lineare dello stesso, spinta fino alla profondità di – 5,0 m dalla quota del piano campagna (fondale marino) originale. All'interno di ciascun foro verrà inserita una camicia di materiale amagnetico del diametro di almeno 63 mm, che servirà a sorreggere le pareti del foro e a poter calare il magnetometro al suo interno, in modo da verificare l'eventuale presenza di corpi ferromagnetici sepolti. Le perforazioni, come detto, verranno eseguite esclusivamente con l'impiego di tecniche non a percussione.

In [Figura 3.7](#) si riporta uno schema esemplificativo della posizione delle perforazioni rispetto allo sviluppo del diaframma di cinturazione.

Una volta verificata l'assenza di masse ferromagnetiche lungo le verticali investigate e una volta ottenuto il collaudo da parte dei competenti organi di controllo, sarà possibile procedere con l'esecuzione delle operazioni di diaframmatrice secondo la tecnologia prevista dal Progetto Esecutivo. Data la notevole estensione dello sviluppo del diaframma e quindi dato l'elevato numero di perforazioni da eseguire e da verificare, sarà possibile, anche al fine di ottimizzare il cronoprogramma di progetto, collaudare le stesse procedendo per “lotti” ovvero per tratti di diaframma.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**



**Figura 3.7: perforazioni per ricerca ordigni su tracciato definitivo del diaframma di cinturazione dell'area**

### **3.2 Rilievo topografico di dettaglio**

La campagna di rilievi topografici inerente l'area denominata “Ex Yard Belleli” di Taranto è stata svolta il 18 e 19 Febbraio 2014.

Le misurazioni di campagna oggetto del rilievo topografico, sono state restituite in coordinate piane nel Sistema Geodetico Nazionale *GAUSS-BOAGA*, *DATUM ROMA 40*.

Sostanzialmente l'attività svolta in campagna può essere distinta in due fasi:

- georeferenziazione ed apposizione dei capisaldi;
- rilievo di dettaglio delle aree interessate.

Le attività di rilievo sono state condotte al fine di ottenere un piano quotato di dettaglio dell'area, le georeferenziazione dei principali manufatti ed opere presenti nonché una quantificazione (in termini volumetrici) dei cumuli di materiali e rifiuti presenti e abbancati nell'area stessa.

### **STRUMENTAZIONE**

La strumentazione utilizzata è stata la seguente:

- 1 GPS geodetico modello Leica SR 530, 24 canali a doppia frequenza;
- 2 GPS geodetici modello Leica 1230+ GNSS, 120 canali a tripla frequenza;



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

- 1 GPS geodetico modello Leica 1230 GG, 72 canali a tripla frequenza;
- 1 GPS geodetico modello Leica 1250, 120 canali a tripla frequenza.

I suddetti GPS geodetici sono stati utilizzati sia per le misure statiche (baseline fra capisaldi) che per i rilievi di dettaglio in RTK (Real Time Kinematic).

### FASE 1 – GEOREFENZIAZIONE ED APPOSIZIONE CAPISALDI

Al fine di georiferire correttamente il rilievo eseguito, si è scelto di apporre n. 4 capisaldi principali di facile accessibilità distribuiti in prossimità dei vertici che delimitano complessivamente l'area oggetto di misurazioni.

Il sistema di riferimento iniziale utilizzato è stato il “**WGS84, frame ETRF2000, proiezione piana UTM fuso 33**”.

Per ottenere le coordinate dei capisaldi nel suddetto frame sono state utilizzate le osservazioni statiche della più vicina stazione GPS permanente di riferimento, ovvero la stazione della rete ITALPOS denominata TARA, le cui coordinate di partenza sono note nel sistema di riferimento predetto.

Come caposaldo altimetrico di riferimento noto la scelta è ricaduta sul centrino <sup>(11)</sup> della Rete idrografica e mareografica nazionale, posizionato ai piedi della costruzione dov'è alloggiato il mareografo di Taranto e al quale le misure di quest'ultimo sono anch'esse riferite.

I vari capisaldi apposti e il centrino dell'ISPRA sono stati oggetto pertanto di misure statiche, con intervallo di registrazione delle osservazioni pari a 15 secondi, angolo di cut-off pari a 15° e con tempi variabili da 20 a 120 minuti.

I ricevitori GPS posizionati simultaneamente sui capisaldi hanno registrato le osservazioni grezze con le modalità sopra descritte.

In ufficio, mediante il software LEICA Geo Office 8.2, sono state elaborate le baseline misurate, come da schema esemplificativo allegato.

L'ordine delle baseline è stato il seguente:

---

<sup>11</sup> non è stato possibile utilizzare questo caposaldo come riferimento planimetrico in coordinate note in quanto sulla monografia pubblicata non è specificato a quale frame sono riferite le coordinate.



**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

- Stazione riferimento TARA – caposaldo mareografico;
- Caposaldo mareografico – CS01;
- Caposaldo mareografico – CS02;
- Caposaldo mareografico – CS03;
- Caposaldo mareografico – CS04.

Le coordinate piane ottenute, riferite pertanto al sistema di coordinate WGS84, frame ETRF2000, proiezione UTM fuso 33, sono state le seguenti:

- CS MAREOGRAFICO, N 4482906.1113, E 688519.2976, Z (ellissoidica) 44.092;
- CS01, N 4485184.269, E 684494.127, Z (ellissoidica) 47.464;
- CS02, N 4485436.559, E 683690.421, Z (ellissoidica) 45.789;
- CS03, N 4485730.74, E 684000.187, Z (ellissoidica) 46.763;
- CS04, N 4484853.439, E 684196.566, Z (ellissoidica) 46.299.

I punti di riferimento così riferiti sono stati poi trasformati mediante il software Verto3k fornito dall'IGM, tramite grigliati di conversione gk2.

Con questa procedura sono state infine ottenute le coordinate piane dei capisaldi nel sistema di riferimento GAUSS BOAGA, datum ROMA40, con quota geoidica riferita al modello ITALGEO2005, così come sintetizzato nel report del software.

Inoltre, le quote geoidiche così determinate sono state infine riferite alla quota del caposaldo mareografico, così come riportato nella monografia dell' ISPRA, ovvero m. 1.2778.

Pertanto le coordinate finali dei capisaldi (GAUSS BOAGA ROMA 40), in rapporto al riferimento altimetrico predetto sono le seguenti:

- CS01: N. 4485187.567 ; E. 2704501.785 ; Q 4.3958
- CS02: N. 4485439.877 ; E. 2703698.081 ; Q 2.6878
- CS03: N. 4485734.053 ; E. 2704007.854 ; Q 3.6418
- CS04: N. 4484856.741 ; E. 2704204.217 ; Q 3.2548

## FASE 2 – RILIEVO TOPOGRAFICO DI DETTAGLIO

Per l'esecuzione del rilievo topografico di dettaglio si è scelta la modalità di rilievo in RTK (*Real time Kinematic*).

Tale tipologia di rilievo è caratterizzata dall'utilizzo di 1 GPS denominato BASE (posizionato su treppiede e statico per tutta la durata del rilievo) e da uno o più GPS ROVER (posizionati su palina ed in movimento).

La BASE invia la propria posizione agli altri ricevitori (*ROVER*) collegati via radio modem. I *ROVER*, montati su palina e con all'estremità un'antenna, in tempo reale (RTK), calcolano in modo differenziale le coordinate della propria posizione. L'operatore con il *ROVER* si sposta sul terreno e batte i punti caratteristici, verificando immediatamente la qualità del punto occupato.

Tutti i dati vengono registrati su schede di memoria integrate nel ricevitore GPS e trasferiti quotidianamente, alla fine delle attività, su personal computer.

I rilievi eseguiti in modalità RTK sono stati tutti riferiti ai 4 capisaldi di coordinate note precedentemente menzionati.

## DESCRIZIONE OGGETTO DEL RILIEVO

Oggetto del rilievo topografico, come sinteticamente descritto in premessa, è stata l'area denominata *Ex Yard Belleli*.

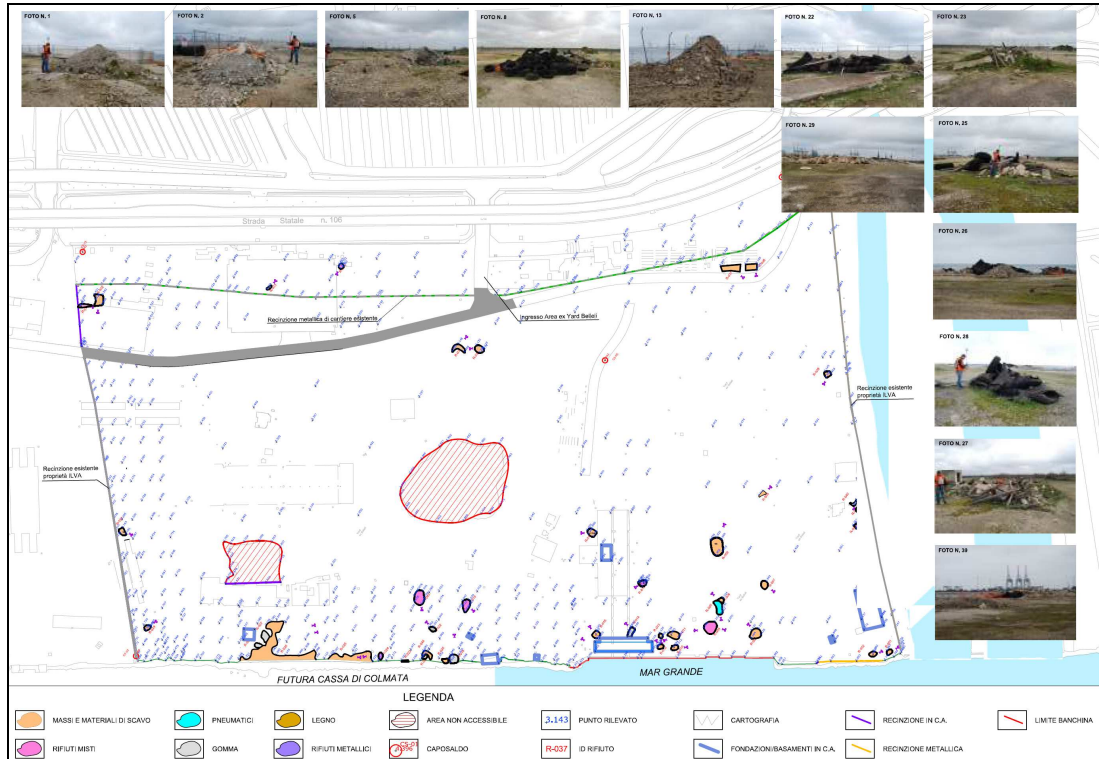
In funzione del progetto esecutivo, sono stati rilevati i punti in quota necessari ad una corretta definizione plano altimetrica dell'area suddetta. Sono stati rilevati inoltre il limite della banchina esistente e le recinzioni che delimitano l'area (a sud-est ed a nord-ovest).

Altresì, si è provveduto al rilievo dei manufatti e delle opere esistenti, nonché dei cumuli di materiali e rifiuti abbancati presenti sull'area.

I volumi dei suddetti cumuli sono stati determinati mediante il software Autodesk Civi3d e riportati nel relativo elaborato grafico (cfr. Elaborato “[TAV.G.02](#)”).

In [Figura 3.8](#) si riporta un estratto della suddetta tavola relativa al rilievo in questione.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**



**Figura 3.8: estratto della tavola TAV.G.02 riportante il rilievo topografico di dettaglio dell'area ex Yard Belleli**

### **3.3 Indagini geognostiche integrative**

Al fine di integrare i dati geognostici riportati nel progetto definitivo nonché quelli rilevati nel corso della campagna eseguita dal “*Consorzio Uniland*”, nel periodo Giugno – Luglio 2014 sono stati eseguiti dei sondaggi geognostici integrativi, ubicati in corrispondenza dell’asse di sviluppo della cinturazione prevista in progetto. In particolare sono stati realizzati n. 14 sondaggi geognostici lungo tale sviluppo, spinti ad una profondità di -20,0 m dal p.c. (ad eccezione di 1 sondaggio per il quale si è raggiunta la profondità di -24,0 m dal p.c.).

I risultati di tale campagna, eseguita con il supporto della ditta Soil Test srl (e, in campo, della ditta “*IGEO sas*”), hanno permesso di definire, con un grado di precisione più elevato, i dati fondamentali necessari per la progettazione esecutiva dell’intervento di cinturazione in oggetto, ovvero:

- la profondità, rispetto al piano campagna, a cui si rinviene l’originario fondale marino, ovvero lo spessore dello strato di riempimento (colmata) di origine

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

antropica, caratterizzato da un’elevata eterogeneità granulometrica e merceologica, con la presenza anche di elementi particolari quali le scorie e loppe d’altoforno, elementi metallici e/o di ghisa, etc.;

- la quota, rispetto al piano campagna, cui si rinviene il substrato impermeabile costituito dalle argille limose di colore verde-grigio, entro il quale attestare di 1 m il diaframma di cinturazione.

Inoltre, tale campagna ha permesso di ricavare ulteriori importanti dati qualitativi sulle caratteristiche dei fronti attraversati, le quote cui si rinviene la falda, etc. Nell’Elaborato “*RE.SP.09 - Relazione specialistica sulle Indagini geognostiche integrative inclusi prospetti stratigrafici*”, si riporta un report delle attività svolte, i risultati di tale campagna e le stratigrafie dei sondaggi realizzati.

### **3.4 Campi prova delle tecnologie di marginamento e relativi risultati**

Come anticipato in premessa, al fine di testare la fattibilità tecnica delle tecnologie di marginamento della falda e verificare il raggiungimento del requisito minimo progettuale relativamente al coefficiente di permeabilità  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s, nel periodo giugno – luglio 2104 sono state realizzate n. 2 “scatole” di prova con due differenti tecnologie di marginamento:

- Diaframma plastico in miscela cemento-bentonite, realizzato con tecnica “CSM” (*Cutter Soil Mixing*);
- Diaframma composito realizzato con tecnologia “PSP” (*Pre-drilled Sheet Piles*), mediante l’esecuzione di preforni di alleggerimento e successiva vibroinfissione di palancole metalliche (sistema a “parete inversa”) con giunti impermeabili.

La prima tipologia di scatola, di forma rettangolare (dimensioni in pianta 5,30 x 3,0 m) è stata realizzata, di concerto con la Direzione dei Lavori, in corrispondenza del sondaggio BH11, sovrapponendo un lato lungo della stessa allo sviluppo previsto per la cinturazione in quell’area; sono stati quindi eseguiti n. 6 pannelli (dimensioni in pianta di ciascun pannello. 2,80 x 0,80 m), spinti fino ad intestarsi nel substrato impermeabile (2 per il lato lungo e 1 per quello corto del

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

rettangolo). Inoltre, al fine di ampliare il campo prove, sono stati realizzati ulteriori n. 5 pannelli lungo lo sviluppo previsto della cinturazione, anch’essi spinti fino ad intestarsi nel substrato impermeabile, ottenendo di fatto un tratto di diaframma “finito” di lunghezza pari a circa 18 m.

In [Figura 3.9](#) si riporta un piccolo report fotografico della fase di realizzazione dei pannelli in “CSM”.



**Figura 3.9: fasi di realizzazione dei pannelli in “CSM”**

La seconda tipologia di “scatola”, di forma quadrata con lato pari a circa 3,2 m, è stata invece realizzata nelle vicinanze dell’area di installazione dell’impianto di miscelazione del “CSM” mediante l’infissione di n. 16 palancole metalliche tipo Hoesch 1707, della lunghezza di 16 m, montate con schema a “parete inversa” e dotate di un giunto impermeabile all’interno dei gargami, tipo “WADIT™”. La fase di vibroinfissione delle palancole è stata preceduta dall’esecuzione di prefiori di alleggerimento del diametro di 250 mm accostati, al fine di “demolire” eventuali trovanti ed elementi lapidei che avrebbero potuto ostacolare la vibroinfissione.



In [Figura 3.10](#) si riporta un’immagine delle fasi di realizzazione della “scatola” realizzata con tecnica “PSP”.



*Figura 3.10: fasi di realizzazione della “scatola” con tecnica “PSP”*

Entrambe le “scatole” sono state poi attrezzate con un pozzo centrale (diametro 200 mm) per l’emungimento delle acque (all’interno del quale è stato installato un trasduttore di pressione per la misura in continuo del livello d’acqua) e con n. 4 piezometri esterni con cella Casagrande (uno in corrispondenza di ciascun lato, ad una distanza di circa 4 m) per il monitoraggio delle quote della falda.

Su entrambe le “scatole” di prova sono state effettuate, con il supporto in campo della ditta “*Soil Test srl*”, delle prove di permeabilità in scala reale mediante abbassamento del livello di falda all’interno delle stesse su 2 livelli distinti (-1,0 e -2,0 m rispetto alla falda esterna) ed osservazione (con registrazione in automatico su supporto digitale dei dati provenienti dai trasduttori e piezometri) della risalita nell’arco delle successive 48 ore.

I dati provenienti da tali prove di permeabilità sono stati analizzati con il supporto scientifico della società “*E&G srl*”, che ha elaborato, per entrambe le “scatole” di prova, un “**modello numerico agli elementi finiti**” mediante il quale è stato possibile riprodurre con estrema accuratezza la prova effettuata *in situ* e determinare quindi il coefficiente di permeabilità delle due tipologie di sistema di conterminazione della falda.



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

Tali risultati possono quindi essere riassunti come segue:

Sistema di conterminazione	Coefficiente medio di permeabilità del sistema (m/s)
Diaframmi plastici realizzati con tecnica CSM	$K = 7 \times 10^{-9}$
Diaframma composito realizzato con tecnica PSP	$K = 3 \times 10^{-10}$

Nell'elaborato “*RE.SP.11 - Relazione specialistica Campi Prova: interpretazione risultati prove di permeabilità e modello di filtrazione numerico agli elementi finiti*” si riportano in dettaglio i contenuti dello studio e dei modelli numerici elaborati.

### 3.5 Indagini sulla qualità delle acque di falda e test di laboratorio

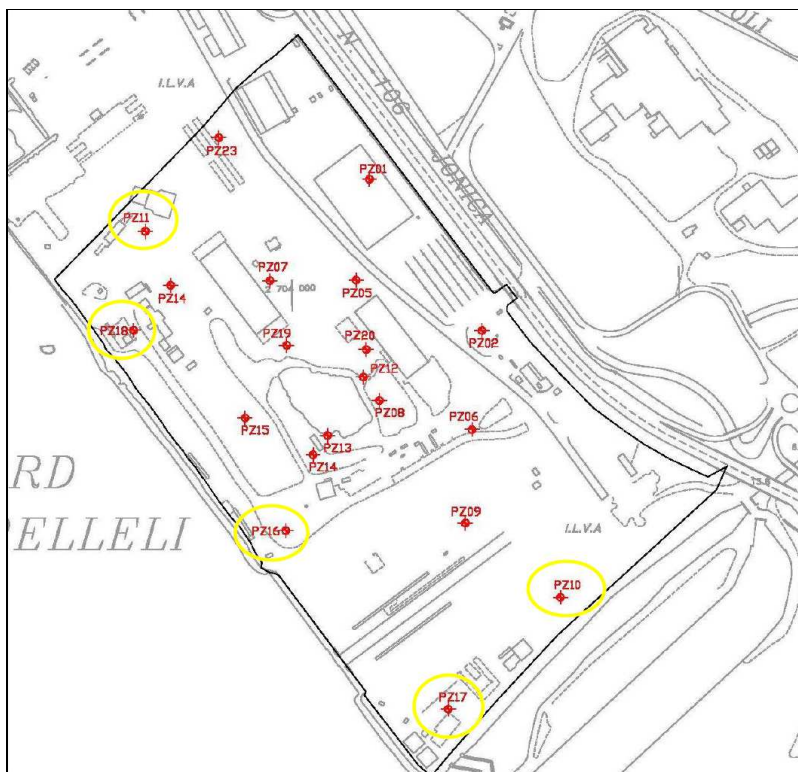
In ottemperanza alle prescrizioni della Conferenza dei Servizi decisoria del 23/06/2010 così come approvate dal MATTM con Decreto Dirigenziale prot. n. 408/TRI/B del 24/06/2010, sono stati effettuati, con il supporto della società spin off del Politecnico di Bari (T&A srl) specifici test di trattabilità sulle acque di falda prelevate in sito, al fine di ottimizzare il processo di trattamento ed attualizzarlo alle caratteristiche odierne delle acque da trattare.

Pertanto in data 14 maggio 2014, di concerto con i tecnici del laboratorio Re.Chem. (incaricato dalla “T&A”) e alla presenza del Direttore Operativo di cantiere (vedi [Figura 3.11](#)), sono stati prelevati n. 5 campioni di acque di falda (circa 10 lt per campione, ognuno prelevato dai piezometri denominati PZ10, PZ11, PZ16, Pz17 e PZ18, vedi [Figura 3.12](#)) che sono stati prima analizzati secondo i parametri della Tabella 3, All. 5, Parte III, D.Lgs 152/06 e s.m.i. (limiti allo scarico di acque in corpi idrici superficiali) e successivamente sottoposti ai previsti test di trattabilità in scala di laboratorio.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**



**Figura 3.11: prelievi di acque di falda per test di trattabilità**



**Figura 3.12: ubicazione piezometri di campionamento delle acque di falda sottoposte a test di trattabilità**

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

I risultati delle analisi chimico-fisiche (vedi [Figura 3.13](#)) e dei test di trattabilità ha permesso alla “T&A” di redigere un apposito report conclusivo (cfr. Elaborato “[RE.SP.05 All. 1 – Piano di indagini e prove di laboratorio delle acque di falda del sito ex Yard Belleli di Taranto: Rapporto finale](#)”) sulla base del quale è stato possibile ottimizzare il processo di trattamento dell’impianto TAF, incrementandone i livelli prestazionali in termini di efficacia nella riduzione delle concentrazioni di contaminanti entro i limiti allo scarico di cui alla succitata Tabella 3.

PARAMETRI	U.d.M.	Pz10	Pz11	Pz16	Pz17	Pz18	Limiti Tab. 3 All. 5 Parte III DLgs 152/06
pH	u di pH	11,88	11,85	9,33	8,04	11,92	5,5 – 9,5
Colore	-	NP	NP	NP	NP	NP	non percettibile con diluizione 1:20
Odore	-	Molesto	Molesto	Molesto	Molesto	Molesto	non deve essere causa di molestie
Materiali grossolani	-	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Solidi sospesi totali (materiali $\geq 0,45\mu\text{m}$ )	mg/L	1,91	25,62	5,73	29,51	0,28	80
(materiali $\geq 0,2\mu\text{m}$ e $\leq 0,45\mu\text{m}$ )	mg/L	0,04	0,18	0,13	0,21	<0,02	--
BOD5 (come O <sub>2</sub> )	mg/L	154	90	76	82	74	40
COD (come O <sub>2</sub> )	mg/L	522	251	302	339	294	160
<b>Metalli Pesanti e metalloidi</b>							
Alluminio	mg/L	0,2844	1,275	0,266	0,240	1,038	1
Arsenico	mg/L	0,005	0,012	0,001	0,001	0,004	0,5
Bario	mg/L	0,052	0,030	0,031	0,009	0,028	20
Boro	mg/L	0,096	0,213	0,598	1,115	0,211	2
Cadmio	mg/L	0,0002	0,003	<0,001	0,002	0,002	0,02
Cromo totale	mg/L	0,033	0,015	0,022	0,036	0,012	2
Ferro	mg/L	0,0105	0,026	0,043	0,019	0,014	2
Manganese	mg/L	0,008	0,003	0,013	0,047	0,009	2
Mercurio	mg/L	0,0012	0,0006	0,0012	0,0037	<0,0005	0,005
Nichel	mg/L	0,006	0,003	0,003	0,002	0,002	2
Piombo	mg/L	0,008	0,005	0,006	0,004	0,005	0,2
Rame	mg/L	<0,0001	0,003	<0,001	0,004	0,003	0,1
Selenio	mg/L	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,03
Stagno	mg/L	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	10
Zinco	mg/L	0,012	0,061	0,034	0,016	0,141	
Cromo VI	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,2

**REGIONE PUGLIA – SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI TARANTO**

Progettazione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli, funzionale alla realizzazione della cassa di colmata c.d. “Ampliamento V Sporgente”

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

<b>Cianuri totali (come CN<sup>-</sup>)</b>	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,5
<b>Cloro attivo libero</b>	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2
<b>Solfuri (come H<sub>2</sub>S)</b>	mg/L	4,28	0,41	0,66	0,71	0,11	1
<b>Solfiti (come SO<sub>3</sub><sup>=</sup>)</b>	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1
<b>Solfati (come SO<sub>4</sub><sup>=</sup>)</b>	mg/L	282	98,12	162	455	110	-
<b>Cloruri</b>	mg/L	10915	395	1774	4966	534	-
<b>Fluoruri</b>	mg/L	0,02	0,06	0,05	0,04	0,02	6
<b>Fosforo totale (come P)</b>	mg/L	0,048	0,088	0,062	0,063	0,090	10
<b>Azoto ammoniacale (come NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>	mg/L	2,69	2,11	3,65	11,25	2,41	15
<b>Azoto nitroso (come N)</b>	mg/L	0,196	0,119	0,152	0,071	0,043	0,6
<b>Azoto nitrico (come N)</b>	mg/L	13	12	7	11	8	20
<b>Grassi e olii animali/vegetali</b>	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	20
<b>Idrocarburi totali</b>	mg/L	2,568	1,008	0,894	1,266	1,644	5
<b>Fenoli</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,5
<b>Aldeidi</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	1
<b>Solventi organici aromatici</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,2
<b>Solventi organici azotati</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,1
<b>Tensioattivi totali</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	2
<b>PESTICIDI FOSFORATI EPA 14 2007</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,1
<b>PESTICIDI TOTALI (ESCLUSI I FOSFORATI) EPA 8081B 1998</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
<b>- ALDRIN</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
<b>- DIELDRIN</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
<b>- ENDRIN</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
<b>- ISODRIN</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
<b>SOLVENTI CLORURATI EPA 5030 : 2002 – EPA 8260C :</b>	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	1

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

2006							
<b>Escherichia Coli (*)</b>	UFC/100m L	0	0	0	0	0	Nota
<b>Saggio di tossicità acuta</b> (saggio eseguito con Artemia salina data la salinità dei campioni)	-	100% di microrganismi immobili dopo 24 ore	100% di microrganismi immobili dopo 24 ore	100% di microrganismi immobili dopo 24 ore	100% di microrganismi immobili dopo 24 ore	100% di microrganismi immobili dopo 24 ore	IL CAMPIONE NON È ACCETTABILE QUANDO DOPO 24 ORE IL NUMERO DEGLI ORGANISMI IMMOBILI UGUALE O MAGGIORE DEL 50% DEL TOTALE

**Figura 3.13: risultati analisi chimiche sui campioni di acque prelevati (in rosso i superamenti rispetto alla Tabella 3)**

Inoltre, in relazione ai solidi sospesi, si è ritenuto significativo effettuare, con metodologia gravimetrica, anche l'analisi granulometrica al fine di determinarne il fuso e quindi le dimensioni medie dei granuli che li compongono. Di seguito in [Figura 3.14](#) si riportano i risultati di tale analisi che evidenziano come la totalità dei solidi sospesi abbia dimensione inferiore ai 10 µm, ovvero molto fine.

Frazioni	u.d.m.	Pz10	Pz11	Pz16	Pz17	Pz18
(materiali $\geq 2,5\mu\text{m}$ e $\leq 10\mu\text{m}$ )	mg/L	0,84	10,22	1,48	2,84	<0,02
(materiali $\geq 0,80\mu\text{m}$ e $\leq 2,5\mu\text{m}$ )	mg/L	0,55	6,26	1,66	16,46	0,11
(materiali $\geq 0,45\mu\text{m}$ e $\leq 0,8 \mu\text{m}$ )	mg/L	0,52	9,14	2,59	10,21	0,17
(materiali $\geq 0,2\mu\text{m}$ e $\leq 0,45\mu\text{m}$ )	mg/L	0,04	0,18	0,13	0,18	<0,02

**Figura 3.14: Frazioni granulometriche identificate con metodologia gravimetrica**

### 3.5.1 Risultati della caratterizzazione analitica

I principali risultati della caratterizzazione analitica dei campioni prelevati sono di seguito riassumibili:

- non è stato riscontrato alcun superamento dei solidi sospesi nelle acque sotterranee, per cui, non sarebbe necessario alcun tipo di trattamento dedicato alla rimozione dei SS;

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

- b. non è stato riscontrato alcun superamento dei nitriti nelle acque sotterranee, per cui l'ossidazione con cloro (biossido o ipoclorito) non risulterebbe più necessaria;
- c. è stata rilevata la presenza puntuale di solfuri in uno dei piezometri prescelti (PZ10) con valore di concentrazione pari a 4,28 mg/L rispetto un limite di scarico in acque superficiali di 1 mg/L;
- d. è stata rilevata elevata presenza di COD e BOD (non riscontrata nelle precedenti campagne di indagine riportate nel Progetto Definitivo) in tutti i campioni prelevati mentre la concentrazione di idrocarburi totali risulta essere sempre al di sotto dei limiti di riferimento (Tabella 3, Allegato 5, Parte III del D. Lgs. 152/06).
- e. tutti campioni risultano positivi al saggio di tossicità acuta eseguito su Artemia Salina. Per questo aspetto risulteranno necessari ulteriori approfondimenti mirati a valutare la tossicità del campione a valle degli stadi di trattamento.

#### *3.5.2 Sintesi dei risultati del test di trattabilità*

Il test è stato effettuato su un campione medio costituito dalla miscelazione dei 5 campioni prelevati, denominato “MIX” e rappresentativo dell'influente da avviare a trattamento, il quale è stato sottoposto ai seguenti trattamenti:

- a. Acidificazione per correzione pH;
- b. Coagulazione - Flocculazione;
- c. Filtrazione su carbone attivo granulare (GAC);

E' stato rilevato che le fasi a) e b) possono essere utilmente modificate, con possibili ottimizzazione sul consumo di reagenti, nei seguenti stadi: dosaggio del coagulante (Policloruro di alluminio – PAC), correzione del pH con HCl e flocculazione con aggiunta di polielettrolita anionico. I dosaggi migliori individuati per gli stadi di coagulazione-correzione pH e flocculazione sono:

- PAC (18%): 0.05 mL/L
- HCl (30%): 0.05 mL/L
- Poli Floc A (0.1%): 5 mL/L

Il test di trattabilità effettuato consente di simulare il complessivo processo di coagulazione-flocculazione e separazione dei fiocchi per il fango di supero, che nello schema progettuale è demandato alla fase di flottazione ed alla successiva fase di ispessimento.

Le condizioni di pH ed i dosaggi utilizzati, consentono di affermare che è possibile ottenere valori di fango ispessito con concentrazione di solidi pari a 37,5 g/L (3,75%), vicino al valore previsto in progetto (5%).

Per quanto attiene la fase di adsorbimento su GAC, si è osservato che gli esiti del trattamento sono efficaci per quanto attiene all'abbattimento dei SS (per mero effetto meccanico) ed idrocarburi, ma non relativamente ai valori di COD e di BOD, che a valle delle prove effettuate risultano ancora molto al di sopra dei limiti previsti. Sul campo, la tecnologia di flottazione consentirà di ottenere risultati decisamente più confortanti per la riduzione del COD, ma, considerato l'elevato valore rilevato, si è deciso di integrare il set delle prove di trattabilità includendo una fase di ossidazione chimica. In particolare, è stata messa a confronto l'azione di due composti ossidanti: biossido di cloro e ipoclorito di sodio.

Nel campo di dosaggi preso in esame (COD/2 - 2COD) il biossido di cloro garantisce abbattimenti del COD superiori al 75%, con il potenziale effetto collaterale di una elevata concentrazione di cloro attivo residuo (con forte abbassamento del pH). Il trattamento ottimale (sia da un punto di vista economico - minori volumi di reagente da impiegare - sia per il ridotto aumento di cloro libero) è risultato quello che utilizza ipoclorito di sodio con dosaggio minimo testato, che consente di ottenere una riduzione del COD del 70%.

Il corretto dosaggio di ipoclorito dovrà essere determinato in campo in relazione alle necessità di contemperare tutte le esigenze (rispetto limiti COD, rispetto limiti cloro residuo, minimizzazione costi) anche considerando gli effetti sinergici con i trattamenti già previsti (come il trattamento DAF).



### **3.6 Verifiche sull'efficacia del processo di trattamento a seguito della nota del MATTM del 5/12/2014**

Come anticipato in premessa, con nota prot. N. 31737/TRI del 05/12/2014 il Ministero dell'Ambiente ha evidenziato a Sogesid alcune osservazioni/prescrizioni relativamente all'impianto TAF (Punto 3 della nota) circa la necessità di effettuare ulteriori verifiche sul processo di trattamento volte a testare la capacità di abbattimento della tossicità acuta riscontrata sulle acque di falda e la funzionalità della filtrazione con carboni attivi. Di seguito si riporta lo stralcio di tali osservazioni:

- a) l'acqua di falda presenta un'elevata tossicità, ciò nonostante l'abbattimento della tossicità non viene considerata nella prova di trattabilità sulla base della quale viene definito lo schema di processo, in altri termini non si evince chiaramente se il proposto schema di processo sia in grado di eliminare la tossicità elevata;*
- b) quanto sopra vale a maggior ragione considerato che viene proposta una sezione di abbattimento del COD con ipoclorito di sodio, che, come noto, può comportare la formazione di composti ad elevata tossicità e quindi potrebbe peggiorare la situazione di partenza, tenuto conto peraltro che non è nota la natura del COD da ossidare e che è presente anche ammoniacale (che con l'ipoclorito di sodio forma cloro-ammine ad elevata tossicità);*
- c) le prove di assorbimento su carboni attivi sono state effettuate sul refluo non sottoposto ad ossidazione chimica e quindi sono poco rappresentativi della situazione rappresentata nello schema di processo (dove viceversa l'ossidazione precede la sezione a carboni attivi);*
- d) la sperimentazione sulle sezioni di coagulazione e flocculazione è condotta in modo qualitativo e non è chiara la funzione di tali sezioni in considerazione del basso contenuto di solidi sospesi.*

Pertanto, come richiesto da Sogesid, si è proceduto, con il supporto della società T&A srl, ad effettuare, nel periodo Dicembre 2014 - Gennaio 2015, le verifiche richieste mediante l'esecuzione di una campagna integrativa di prove di trattabilità sulle acque di falda.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

Le analisi chimiche sul campione di acqua di falda prelevato nel dicembre 2014 da sottoporre al test di trattabilità, hanno evidenziato, come meglio descritto in dettaglio nell'Elaborato [“RE.SP.05 ALL. 2 Attività integrative su acque di falda nell'ex Yard Belleli \(TA\) in riscontro alla nota del MATTM del 5/12/2014. Rapporto Finale”](#), dei **valori di COD e BOD5 molto elevati** (rispettivamente **COD= 1.816,0 mg/l** e **BOD5= 710,0 mg/l**), soprattutto se confrontati con quelli rilevati nel corso della campagna del Maggio 2014 (**COD= 342 mg/l** di media e **BOD5= 95 mg/l** di media), sui quali il processo di trattamento è stato progettato e dimensionato e, ancor di più, con quelli delle campagne effettuate negli anni precedenti (dati campagna del 2010: **COD= 43 mg/l** di media e **BOD5= 26 mg/l** di media).

Sebbene tali valori rilevati siano apparsi “anomali” rispetto a tutte le rilevazioni precedenti, si è comunque ritenuto opportuno effettuare il test di trattabilità con tali elevati parametri, in modo da testare l'efficienza dell'impianto attraverso un “stress test”.

Al contempo, si è pianificata la ripetizione del campionamento a circa un mese di distanza al fine di valutare l'eventuale persistere di tale condizione anomala.

Il giorno 4/02/2015 sono stati pertanto ripetuti dal laboratorio certificato S.C.A. srl, i campionamenti nei medesimi piezometri precedentemente utilizzati e le relative analisi di laboratorio che hanno evidenziato, relativamente ai 2 parametri risultati “critici”, valori medi pari a **COD= 160.4 mg/l**, **BOD5= 28.7 mg/l**, al limite della necessità di trattamento, confermando la validità della scelta assunta di effettuare il test di trattabilità in situazioni limite, ancorché improbabili.

È opportuno evidenziare che i valori delle analisi effettuate nel febbraio 2015 sono pienamente comparabili con quelli rilevati nelle campagne del 2010 e del 2014, su cui si è basata la progettazione dell'impianto TAF.

I campioni prelevati sono stati pertanto sottoposti al seguente treno di trattamenti previsto nel processo depurativo:

- a) Acidificazione per correzione pH con HCl (30%);
- b) Coagulazione–Flocculazione con Policloruro di Alluminio (Coagulante PAC al 18% in  $Al_2O_3$ ) e Poli Flocc A (flocculante 0,1% in p/v);
- c) Ossidazione chimica con Ipoclorito di sodio ( $NaClO$ );

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

d) Filtrazione su carbone attivo granulare (GAC).

Le acque in uscita sono state quindi analizzate in riferimento ai parametri da rispettare per lo scarico in corpo idrico superficiale (mare), riportati nella Tabella 3, Parte III, D.Lgs 152/06.

Al termine del suddetto test di trattabilità, è emerso che:

- ✓ le prove di laboratorio hanno sostanzialmente confermato l'efficacia del treno di trattamento proposto in fase progettuale, specie in riferimento all'abbattimento delle concentrazioni di COD e BOD5;
- ✓ i risultati del test di tossicità acuta hanno mostrato che l'esigenza di contenere i valori del COD, BOD5 e del pH sotto i limiti di legge, richiede di modulare il dosaggio del reattivo ossidante (ipoclorito di sodio) nella maniera più idonea. Sarà, infatti, necessario individuare un dosaggio ottimale di ipoclorito che consenta l'abbattimento di BOD5 e COD al di sotto dei limiti per lo scarico a mare e, contestualmente, eviti l'aumento del Cloro residuo e del pH al di sopra dei rispettivi limiti di scarico, a tutela degli equilibri vitali dei microrganismi dell'ambiente marino – costiero;
- ✓ la funzionalità della fase di assorbimento su carboni attivi è stata positivamente verificata anche in condizioni di acque precedentemente sottoposte ad ossidazione chimica con ipoclorito di sodio.

### *3.6.1 Sintesi dei risultati del test di trattabilità*

In conseguenza di quanto emerso in sede di test di trattabilità delle acque di falda, al fine di ridurre il rischio che eventuali sovradosaggi del reagente ossidante comportino successive problematiche nelle acque allo scarico (legate alle concentrazioni di Cloro libero residuo e a valori di pH), si è ritenuto necessario applicare le seguenti misure preventive e/o integrazioni impiantistiche da prevedere ed inserire nel layout finale dell'impianto TAF in oggetto:

1. **Campagna di misurazioni in fase di costruzione e di avvio:** in considerazione della problematica emersa relativa alle concentrazioni di COD e BOD5 che in fase di progettazione hanno evidenziato una potenziale elevata variabilità, si ritiene opportuna, durante l'intera fase di

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

costruzione (durata 11 mesi) e del successivo periodo di avviamento (6 mesi), con cadenza mensile, l'esecuzione di analisi di acque di falda prelevate dai piezometri indicati nei paragrafi precedenti, volte alla verifica dei valori dei parametri COD e BOD5. In questo modo sarà possibile avere a disposizione un numero di misurazioni sufficientemente elevato, nonché esteso ad un periodo di tempo significativo (oltre 16 mesi), in modo da ricostruire l'eventuale variabilità del dato nel tempo (presenza di “picchi” di concentrazione) ed identificare un valore medio “caratteristico” su cui “settare” il dosaggio dell'agente ossidante in condizioni normali.

2. **Determinazione di curve di additivazioni ottimali:** in funzione delle diverse concentrazioni dei parametri COD e BOD5 eventualmente rilevate nel corso della campagna in corso di realizzazione, verranno effettuati di volta in volta, per range significativi di variazione, ulteriori test integrativi di laboratorio volti alla determinazione, per ciascuna concentrazione, del dosaggio ottimale di ipoclorito di sodio che combini l'esigenza di ridurre la contaminazione al di sotto del limite normativo allo scarico con quella di evitare l'effetto collaterale dell'innalzamento del pH e delle concentrazioni di cloro libero residuo (causa principale della tossicità nell'effluente post trattamento). Il risultato di tali attività sperimentali sarà quindi la produzione di apposite curve sperimentali dalle quali “leggere”, entro opportuni range, il valore ottimale di NaClO da dosare in funzione della concentrazione di COD, in modo da non comportare sovradosaggi e relativi effetti collaterali associati. Tali strumenti saranno quindi messi a disposizione degli operatori addetti alla sorveglianza dell'impianto TAF.
3. **Integrazioni impiantistiche:** come visto nei paragrafi precedenti, i dati delle concentrazioni dei parametri COD e BOD5 nelle acque di falda rilevati nelle campagne eseguite dal 2003 ad oggi, hanno evidenziato una variabilità nel tempo piuttosto importante, le cui cause sono al momento ignote. L'efficienza di trattamento della fase di ossidazione chimica con ipoclorito di sodio, dipende strettamente dal valore di COD in ingresso e dal relativo dosaggio del reagente ossidante. Pertanto, al fine di

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

monitorare le concentrazioni di COD in ingresso ed eventualmente modulare di conseguenza l'aggiunta dei reagenti ossidanti, si prevede l'installazione nella vasca di accumulo iniziale di un'apposita sonda la quale misurerà in continuo le concentrazioni di COD. Il segnale proveniente da tale sonda verrà trasmesso e visualizzato on-line dall'operatore addetto alla sorveglianza dell'impianto TAF, il quale verificherà il valore registrato e varierà, qualora necessario ed in funzione delle curve sperimentali ricavate in fase di costruzione, l'aggiunta di ipoclorito di sodio direttamente dal PLC (dal quale è possibile intervenire sulla portata della pompa dosatrice del NaClO). Inoltre, al fine di verificare la qualità dell'effluente e monitorare gli effetti di un eventuale sovradosaggio, si prevede anche l'installazione, all'interno della vasca di accumulo dell'effluente prima dello scarico in mare, di una doppia per la verifica in continuo del valore di pH e della concentrazione di cloro libero residuo. Anche per tali sonde, il segnale verrà visualizzato on-line dall'operatore addetto alla sorveglianza dell'impianto TAF, il quale potrà intervenire riducendo l'aggiunta di agente ossidante secondo le suddette curve.

Con l'applicazione di tali accorgimenti, si ritiene che venga trapiantato l'obiettivo di trattamento delle acque di falda con sufficiente grado di sicurezza nei confronti di eventuali e, potenzialmente problematici, picchi di concentrazione di contaminazione da abbattere per rendere lo scarico compatibile con i limiti di legge.

### **3.7 Recupero degli idrocarburi surnatanti**

In relazione alle attività di recupero di idrocarburi leggeri surnatanti, come indicato nel Decreto del Ministero dell'Ambiente di approvazione del Progetto in questione (prot. n. 852/TRI/M/DI/B del 9/11/2010), l'attività di rimozione del surnatante verrà preceduta da *“un'investigazione di dettaglio tesa alla stima effettiva del prodotto libero da rimuovere durante l'intervento di messa in sicurezza permanente”*.

Successivamente, una volta definite le condizioni ottimali operazionali e definite le volumetrie di prodotto da rimuovere, si procederà con l’installazione delle attrezzature e con l’intervento vero e proprio.

### 3.7.1 *Stima delle quantità di prodotto ed ottimizzazione delle attrezzature*

Come detto, la fase operativa di rimozione verrà preceduta da una fase preliminare al fine di valutare ed, eventualmente, ottimizzare le attrezzature da impiegare, in considerazione delle condizioni idrogeologiche sito-specifiche, delle caratteristiche chimico-fisiche del prodotto idrocarburico e del suo tasso di ricarica all’interno dei pozzi/piezometri di interesse, nonché tentare di quantificare i volumi effettivamente presenti da rimuovere. Tale fase si svilupperà principalmente tramite il monitoraggio piezometrico e l’esecuzione di un test di recupero specifico (*baildown test*), qualora fattibile.

Nel dettaglio, quindi, si prevedono le seguenti attività, da svolgere contestualmente:

- reperimento delle informazioni idrogeologiche pregresse insistenti sul sito in oggetto, con particolare riferimento a:
  - monitoraggi piezometrici pregressi;
  - risultanze di prove idrogeologiche pregresse (ad es. prove di lunga durata o slug test per la determinazione dei parametri idrogeologici dell’acquifero);
  - risultanze di indagini di caratterizzazione ambientale pregresse svolte nell’area di indagine;
  - eventuali interventi di recupero surnatante svolti in passato (info sui volumi estratti e spessori LNAPL monitorati nel tempo);
  - info su eventuali opere di emungimento esistenti in (o in prossimità del) sito;
  - stratigrafie e caratteristiche costruttive dei pozzi piezometri presenti in sito;
  - log multiparametro in foro per lo studio del cuneo salino;
- attività di monitoraggio piezometrico, su un periodo di circa 5 gg, dei n. 3 pozzi previsti, tramite la misurazione manuale (con *interface probe*) e in continuo (con *datalogger*), della soggiacenza delle interfacce aria/olio e olio/acqua;



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

- esecuzione di *bailedown test* nei n.3 pozzi previsti, qualora fattibile - sulla base delle linee guida fissate dall'*American Petroleum Institute “API”*; per il suo corretto svolgimento, è necessario uno spessore minimo in pozzo di 15 cm di prodotto libero surnatante in condizioni di equilibrio con l'acquifero circostante. La durata della prova sarà funzione del tasso di ricarica del prodotto idrocarburico all'interno del pozzo oggetto d'indagine. Dalle risultanze della prova sarà possibile definire la trasmissività all'olio, necessaria a valutare la mobilità del prodotto idrocarburico nell'acquifero considerato e sulla base della quale sarà dimensionato il sistema di recupero da applicare;
- prelievo, durante l'esecuzione dei *bailedown test*, di campioni di prodotto idrocarburico da ciascun pozzo testato, mediante *bailer* o pompa peristaltica, da sottoporre ad analisi chimica per la determinazione dei seguenti parametri: viscosità dinamica, densità del fluido nonché per la caratterizzazione a rifiuto necessaria per il corretto smaltimento.

Al termine delle attività suddette, eseguibili in circa 15 giorni lavorativi, sarà possibile redigere un report di monitoraggio e interpretazione dei risultati dei test, contenente la valutazione tecnica e l'eventuale ottimizzazione delle attrezzature richieste per l'intervento.

### 3.7.2 *Messa in opera delle attrezzature di recupero idrocarburi surnatanti*

A valle delle attività suddette di investigazione di dettaglio, si procederà con l'installazione delle attrezzature necessarie per tale tipo di intervento, ovvero i cosiddetti “*oil skimmer*”. Tali attrezzature possono essere di due tipologie ovvero “attivo” o “passivo” a seconda del principio di funzionamento che utilizzano. Naturalmente, ciascuna tipologia risulta maggiormente idonea in particolari circostanze e verrà quindi conseguentemente impiegata laddove necessario.

#### **Oil Skimmer passivi**

Gli *oil skimmer* passivi sono strumenti che consentono di recuperare prodotti idrocarburici leggeri e accumularli in un serbatoio di raccolta separato, calato anch'esso nel pozzo/piezometro di interesse. Tra gli *skimmer* passivi si

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

distinguono due diverse sottocategorie, le quali si differenziano per il sistema di ingresso del prodotto da recuperare nel corpo dello *skimmer*:

- *skimmer* passivi a membrana idrofobica: il sistema è provvisto di un galleggiante che mantenga il corpo dello strumento in corrispondenza dell'interfaccia acqua-olio; il prodotto passa attraverso una membrana idrofobica e viene convogliato nel sottostante serbatoio di raccolta. Una volta recuperato il sistema il serbatoio viene svuotato tramite una valvola di scarico sul fondo. Gli spessori di surnatante necessari al buon funzionamento del sistema sono molto ridotti ed è possibile ridurre il prodotto in fase libera fino alla sua quasi totale eliminazione;
- *skimmer* passivi a gravità: il funzionamento è simile a quello degli *skimmer* a membrana, con la differenza che il prodotto entra nel corpo dello strumento per gravità, attraverso un foro posto nella parte superiore dello *skimmer* stesso. Questa soluzione necessita di spessori di surnatante maggiori rispetto agli *skimmer* a membrana, e difficilmente si otterrà uno spessore finale di prodotto in fase libera inferiore al centimetro; inoltre, tale soluzione è da preferirsi in presenza di prodotto in fase separata con densità non superiore a  $0,85 \text{ g/cm}^3$ ;

Pertanto, rispetto a quanto previsto nel progetto definitivo e stante comunque la valutazione dei risultati della fase di investigazione preliminare, si prevede in questa fase l'installazione e l'impiego di n. 1 *oil skimmer* passivo a membrana idrofobica, in quanto caratterizzato da performance migliorative e, soprattutto, maggiormente indicate agli scopi progettuali rispetto alla tipologia “a gravità”.

Sarà quindi possibile optare, a valle delle condizioni rilevate in fase di studio preliminare, per uno dei seguenti diversi strumenti, le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella seguente [Tabella 1](#):

Item	Descrizione
A1	<b>Skimmer passivo a membrana idrofobica:</b> -Galleggiante calibrato per posizionarsi sull'interfaccia acqua - olio -Capacità di separazione acqua-prodotto a membrana idrofobica -Capacità di accumulo serbatoio: 0,9 L -Lunghezza complessiva 165 cm -Effettiva escursione galleggiante 34 cm -Diametro esterno 1.9”

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

<b>A2</b>	<b>Skimmer passivo a membrana idrofobica:</b> -Galleggiante calibrato per posizionarsi sull'interfaccia acqua - olio -Capacità di separazione acqua-prodotto a membrana idrofobica -Capacità di accumulo serbatoio: 3 L -Lunghezza complessiva 177 cm -Effettiva escursione galleggiante 46 cm -Diametro esterno 3.8” -Certificazione ATEX
-----------	---

Tabella 1: specifiche tecniche degli oil skimmer passivi

**Oil Skimmer attivi**

Gli *skimmer* attivi sfruttano lo stesso schema costruttivo degli *skimmer* passivi, con la differenza che il prodotto idrocarburico, una volta entrato nel corpo dello *skimmer*, non viene raccolto in un serbatoio di accumulo, bensì aspirato in superficie tramite apposito sistema di emungimento.

Gli *skimmer* attivi eliminano quindi la necessità di rimozione e svuotamento manuale degli *skimmer* passivi, a fronte però di maggiori costi a livello di attrezzatura necessaria e di esercizio del sistema.

L'a valutazione preliminare prevede l'installazione e l'impiego di n. 2 *oil skimmer* attivi a gravità, posizionati nei 2 piezometri esistenti ed indicati nel Progetto Definitivo, completi di pompa *bladder* e filtri regolatori per aria.

Le caratteristiche tecniche della strumentazione sono riportate nella seguente

Tabella 2:

Item	Descrizione
<b>B</b>	<b>Skimmer attivo a gravità:</b> -Galleggiante calibrato per posizionarsi sull'interfaccia acqua - olio -Capacità di separazione acqua-prodotto a gravità -Lunghezza complessiva 102 cm -Effettiva escursione galleggiante 61 cm -Diametro esterno 1.9”
<b>C</b>	<b>Pompa bladder GENIE da 24”:</b> -Pompa ad azionamento pneumatico -Corpo in acciaio e raccorderia in ottone -Lunghezza complessiva 162,5 cm -Diametro esterno 47,6 mm -Volume pompato 110 cc/ciclo -Massima profondità 61 m -Pressione aria compresa tra 2,76 e 8,27 bar -Non necessita di centralina di controllo esterna -Impostazione dei tempi di ciclo tramite vite in testa pompa

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

<b>D</b>	<b>Filtro regolatore per aria:</b> -Filtro/regolatore aria -Scaricatore automatico di condense integrato -Manometro 0 – 10 bar
----------	---

***Tabella 2: specifiche tecniche degli oil skimmer attivi***

#### **4. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE PRINCIPALI SCELTE PROGETTUALI DELLO STRALCIO FUNZIONALE**

In questo capitolo si descriveranno i contenuti tecnici delle varie opere che compongono il progetto di Messa in sicurezza e bonifica della falda dell'area dell'ex Yard Belleli di Taranto e verranno fornite, laddove pertinenti, le motivazioni tecniche alla base delle modifiche apportate rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo.

Come detto, l'intervento in oggetto può essere suddiviso nelle seguenti macro attività, descritte nei paragrafi successivi:

1. Marginamento fisico della falda;
2. Realizzazione di una trincea drenante con relativo sistema di captazione delle acque di falda;
3. Realizzazione di un impianto di Trattamento delle Acque di Falda (TAF);
4. Realizzazione di una copertura superficiale impermeabile mediante “capping”;
5. Realizzazione di un'area di stoccaggio temporaneo per la gestione dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo e rinterro;
6. Realizzazione dell'allacciamento alla rete elettrica pubblica e realizzazione dell'impianto elettrico a servizio dell'impianto TAF;
7. Realizzazione di una rete di piezometri per il monitoraggio della falda.

##### **4.1 Marginamenti**

Il Progetto Definitivo di Messa in sicurezza e bonifica della falda prevedeva l'esecuzione di una parziale cinturazione del sito dell'ex Yard Belleli mediante la realizzazione di un diaframma impermeabile, costituito da pannelli semi-plastici scavati con la tecnica del *C.S.M. (Cutter Soil Mixing)*, ovvero mediante apposita attrezzatura equipaggiata con teste rotanti che miscela il terreno presente in sito con cemento e bentonite. Tali pannelli, dello spessore di 0,80 m (ad eccezione del tratto in corrispondenza della futura cassa di colmata dove lo spessore era pari ad

1,0 m), andavano realizzati lungo il lato mare, il canale ILVA ed il piazzale ILVA laminati, dalla quota del p.c. fino ad intestarsi nel substrato impermeabile (costituito da un banco di argille limose presente a profondità comprese tra -12,50 e -20,0 m dal p.c.) e dovevano garantire un coefficiente di permeabilità  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s.

Come previsto nel Progetto Definitivo e come descritto nei paragrafi precedenti, prima dello sviluppo della presente Progettazione Esecutiva, è stato realizzato un campo prove finalizzato alla verifica della fattibilità tecnica di tale tecnologia nonché alla verifica del raggiungimento dell'obiettivo progettuale in termini di coefficiente di permeabilità.

Contestualmente, si è ritenuto di dover testare anche una seconda tecnologia di cinturazione alternativa, cosiddetta PSP (*Pre-drilled Sheet Piles*), ovvero infissione di un palancolato metallico con giunti impermeabili, preceduta da una fase di prefori di alleggerimento e de-clasticizzazione realizzata mediante esecuzione di trivellazioni a distruzione di nucleo accostate del diametro di 250 mm, al fine di demolire eventuali elementi lapidei e/o antropici di dimensioni sub-metriche e facilitare quindi la successiva infissione delle palancole.

I risultati del campo prove hanno sostanzialmente evidenziato notevoli incertezze nella realizzazione dei diaframmi plastici con tecnica CSM, dovute principalmente all'estrema eterogeneità e caratteristiche degli strati da attraversare (presenza di elementi lapidei e scorie di loppa d'altoforno di dimensioni anche oltre i 20-30 cm) e quindi nella buona riuscita in termini di impermeabilità. Inoltre, la particolare situazione litografica fa sì che venga meno la convenienza economica di una siffatta tecnologia, dal momento che le condizioni al contorno comportano tempi di realizzazione più lunghi (costo/ammortamento macchina e costo personale maggiore), usure maggiori, rotture con frequenze più ravvicinate, volumi di miscela da iniettare maggiori e quindi, quantità di reflui da smaltire molto superiori a quanto previsto.

Di contro, la tecnologia di diaframmatrice composita PSP ha evidenziato una maggiore velocità di esecuzione (che quindi permette di ridurre i tempi globali di esecuzione dell'intervento di marginamento), un coefficiente di permeabilità ( $K = 3 \times 10^{-10}$  m/s) inferiore di ben 30 volte rispetto al minimo progettuale e, soprattutto,



la certezza di ottenere tale risultato su tutto il fronte conterminato, non essendo tale tecnologia legata a processi di miscelazione in sito e/o maturazioni, etc.

A fronte di tale risultato tecnico-scientifico, **si è optato di realizzare l'intera cinturazione utilizzando la tecnica “PSP”**.

#### *4.1.1 Caratteristiche del diaframma composito con tecnica “PSP” e modalità esecutive*

Il diaframma composito realizzato con tecnica “PSP” (*Pre-drilled Sheet Piles*) è un diaframma costituito da palancole metalliche vibroinfisse nel suolo fino ad intestarsi nel substrato impermeabile, costituito da un banco di argilla limosa di colore grigio-verde, penetrandolo per almeno 1 m.

Essendo la palanca di per se costituita da una lamina di acciaio continua e quindi di fatto già impermeabile, l'unico punto “critico” ove si potrebbe avere il passaggio di acqua è costituito dal cosiddetto “gargame”, ovvero il punto di giunzione tra due palancole contigue, dalla caratteristica forma a gancio. Pertanto, l'impermeabilità del diaframma è assicurata mediante inserimento all'interno di tale gargame di un prodotto sigillante impermeabile (nella fattispecie si è testato il brevetto della “WADIT™”), che occlude di fatto i vuoti all'interno del gargame ed impedisce quindi il passaggio di acqua. Test di laboratorio eseguiti su tale prodotto hanno evidenziato il raggiungimento di coefficienti di permeabilità inferiori a quello minimo di progetto.

Tale sigillante potrà essere applicato in cantiere da maestranze opportunamente formate ovvero direttamente in stabilimento (successivamente alla laminazione), all'interno di uno dei gargami (di destra o sinistra a seconda del piano di posa del produttore). Durante la fase di infissione, come eseguito nel corso del campo prove, si dovrà prestare attenzione a che la palanca da infiggere abbia sempre il gargame libero senza sigillante, che invece dovrà essere presente nel gargame che si innesta nella palanca già infissa.

Le palancole verranno prodotte in conci di lunghezza differente (in multipli di 50 cm) a seconda della profondità cui si rinviene il substrato impermeabile (arrotondata per eccesso), incrementata di 1 m per permettere la penetrazione.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

Nella fattispecie, stante la stratigrafia rilevata, le palancole avranno una lunghezza compresa tra 13,50 m e 21,0 m e saranno messe in opera mantenendo la quota della testa palancola fissa a +2,0 m s.l.m.m.

La posa in opera delle palancole avverrà mediante l'impiego di una idonea gru a fune tralicciata cingolata o in alternativa gru telescopica gommata e mediante un vibroinfissore con centralina idraulica di idonea potenza e frequenza.

Le palancole da impiegare saranno del tipo con profilo a “Z” (tipo Hoesch 1707 ovvero Arcelor AZ 14-770) e verranno messe in opera secondo il sistema a “parete inversa” (asse d'inerzia coincidente con l'asse del diaframma).

La fase di vibroinfissione verrà preceduta da una fase di preforo atta alla frantumazione e/o “declasticizzazione” degli eventuali elementi lapidei o di natura antropica presenti (copiosamente) nel sottosuolo in modo da evitare che tali elementi possano bloccare la posa delle palancole. In particolare quindi verranno realizzati prefori del diametro di 250 mm accostati (n. 4 prefori per metro lineare di sviluppo del diaframma) spinti in profondità fino ad attraversare tutto lo strato antropico di colmata (spessore tra i 9 ed i 20 m). Le perforazioni verranno eseguite con metodi a percussione (con un martello fondo foro) ovvero con eliche rotanti e, come verificato in fase di campo prove, non danno luogo di fatto ad alcun materiale di risulta.

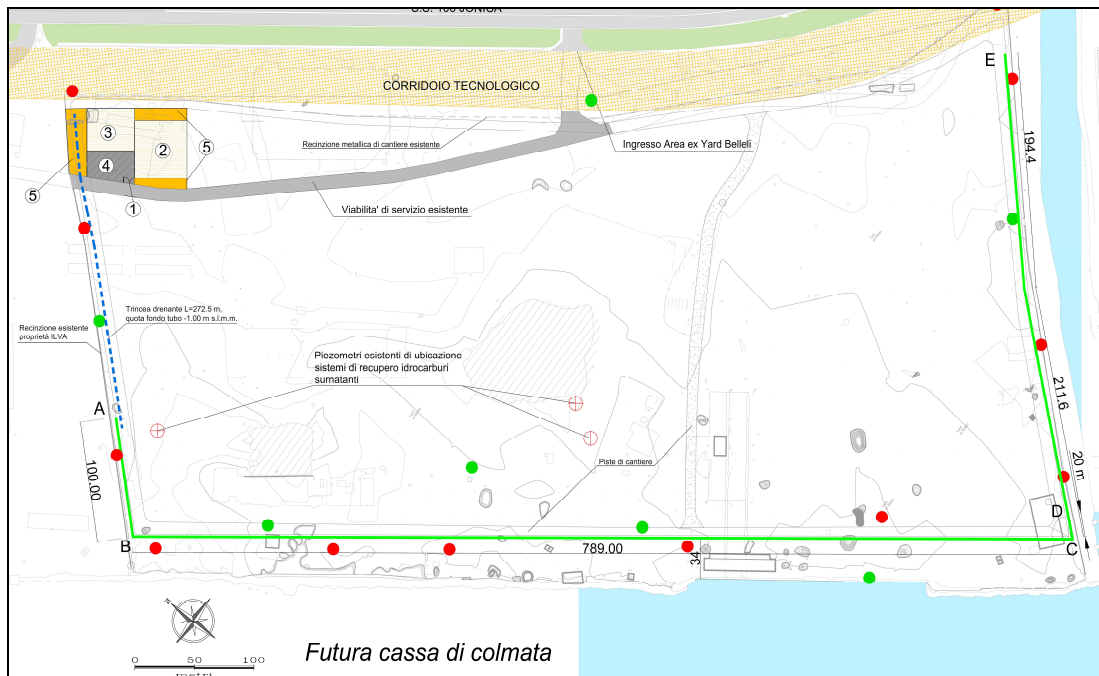
#### *4.1.2 Sviluppo lineare della cinturazione*

Gli studi e gli approfondimenti effettuati sul modello di flusso della falda realizzato dalla “Sogesid” e contenuto nel progetto definitivo (cfr. Elaborato 4), finalizzati ad avere la piena garanzia sull'efficacia del sistema diaframma di cinturazione dello stralcio funzionale e sulle volumetrie di acqua di falda da trasferire al TAF, evidenziano, come anticipato in premessa, che è possibile incrementare le prestazioni del presente lotto funzionale andando a rimodulare lo sviluppo del diaframma di cinturazione in modo da migliorare la captazione delle acque di falda e quindi gli obiettivi progettuali. Le conclusioni di tali approfondimenti, sono stati poi pienamente confermati dai risultati della modellazione numerica tridimensionale del flusso di falda nell'area dell'ex Yard Belleli (vedi Elaborato [“RE.SP.01 ALL.1 Relazione sul modello del flusso di falda”](#)).

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

Tuttavia, a fronte delle osservazioni e prescrizioni evidenziate dal Ministero dell’Ambiente con la nota prot. N. 31737/TRI del 5/12/2014 e in osservanza del principio di massima cautela ambientale, la Sogesid ha optato per la realizzazione di un’opera di marginamento che includesse anche l’intero lato parallelo al Canale ILVA.

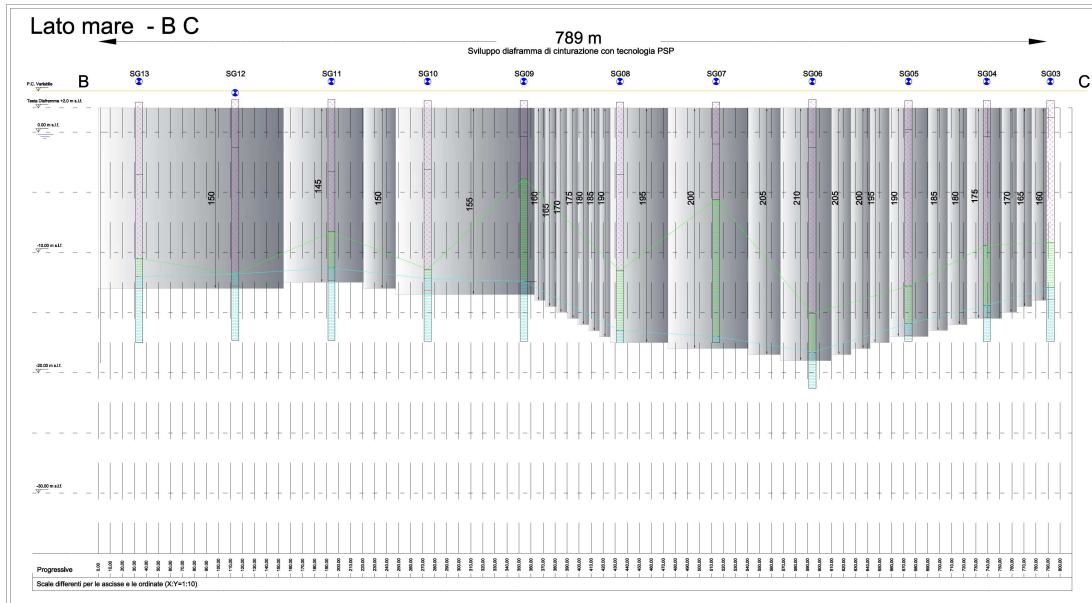
In conclusione quindi, nel presente progetto esecutivo di variante (rev. 02) si prevede di realizzare una diaframma impermeabile eseguito con “*tecnologia composita PSP*”, con prefiori di alleggerimento, lungo il lato laminati ILVA per uno sviluppo di 100 m, lungo il lato mare per uno sviluppo di 789 m e lungo il lato Canale Ilva per uno sviluppo di 406 m, cui vanno aggiunti i 18 m di diaframma in CSM già realizzati nel corso delle attività preliminari di campo prove (vedi [Figura 4.1](#), [Figura 4.2](#) e [Figura 4.3](#)), per un totale di 1.313 ml.



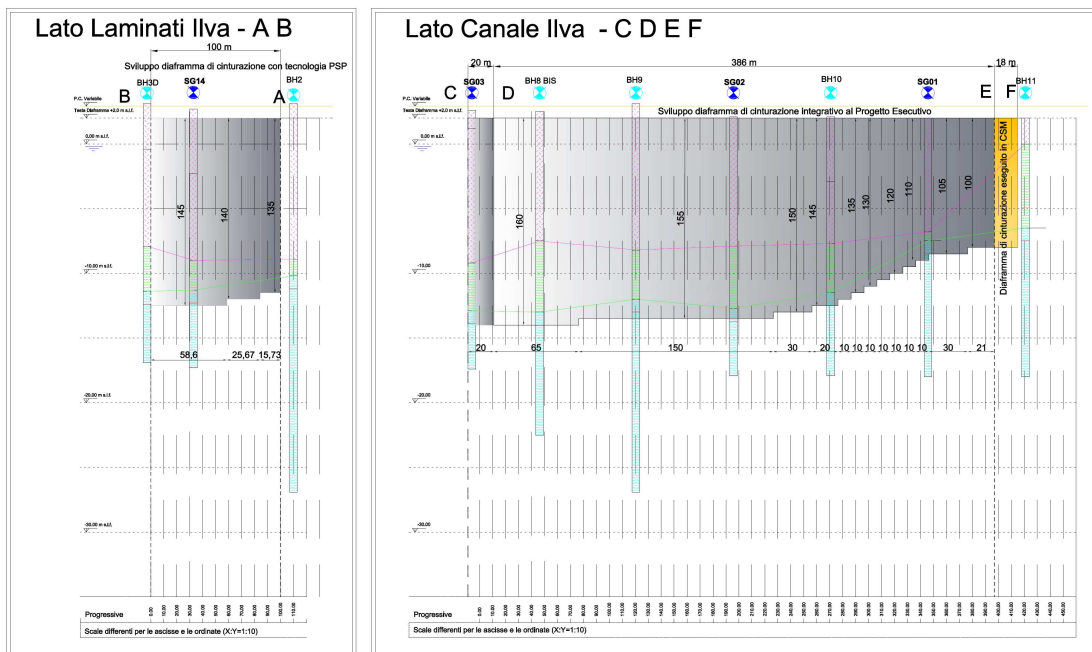
**Figura 4.1: sviluppo diaframma di cinturazione**

In considerazione delle diverse profondità cui è necessario intestarsi in funzione delle quote cui è presente il substrato impermeabile, si ha che il diaframma in questione avrà una superficie complessiva di circa 20.817,75 m<sup>2</sup> (cui vanno aggiunti i circa 140 m<sup>2</sup> del tratto realizzato in CSM).

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**



**Figura 4.2: sezione diaframma di cinturazione lato mare**



**Figura 4.3: sezione diaframma di cinturazione lato Laminati Ilva e lato Canale Ilva**

#### **4.2 Trincea drenante di N-W lato laminati ILVA**

In coerenza a quanto disposto nel progetto definitivo è stata prevista la realizzazione di una trincea drenante lungo il lato Nord-Ovest dell’area “ex Yard Belleli”.

Tale intervento permette di intercettare completamente la falda inquinata e di convogliare, a mezzo di una trincea drenante, le acque potenzialmente contaminate all’impianto TAF.

La trincea si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 272,5 metri ed è costituita da un tubazione microfessurata DN 315 mm posata ad una quota fondo media pari a -1,00 m s.l.m.m. (con una pendenza dello 0,10% verso la stazione di sollevamento) e con una quota di attacco della pompa di drenaggio fissata a -0,50 m s.l.m.m., individuata a seguito delle risultanze dello studio sul modello di flusso della falda.

Al fine di favorire la captazione delle acque di falda, si realizza un opportuno pacchetto drenante, costituito da (Cfr. Elaborato [TAV.C.01.3](#) e [Figura 4.4](#)):

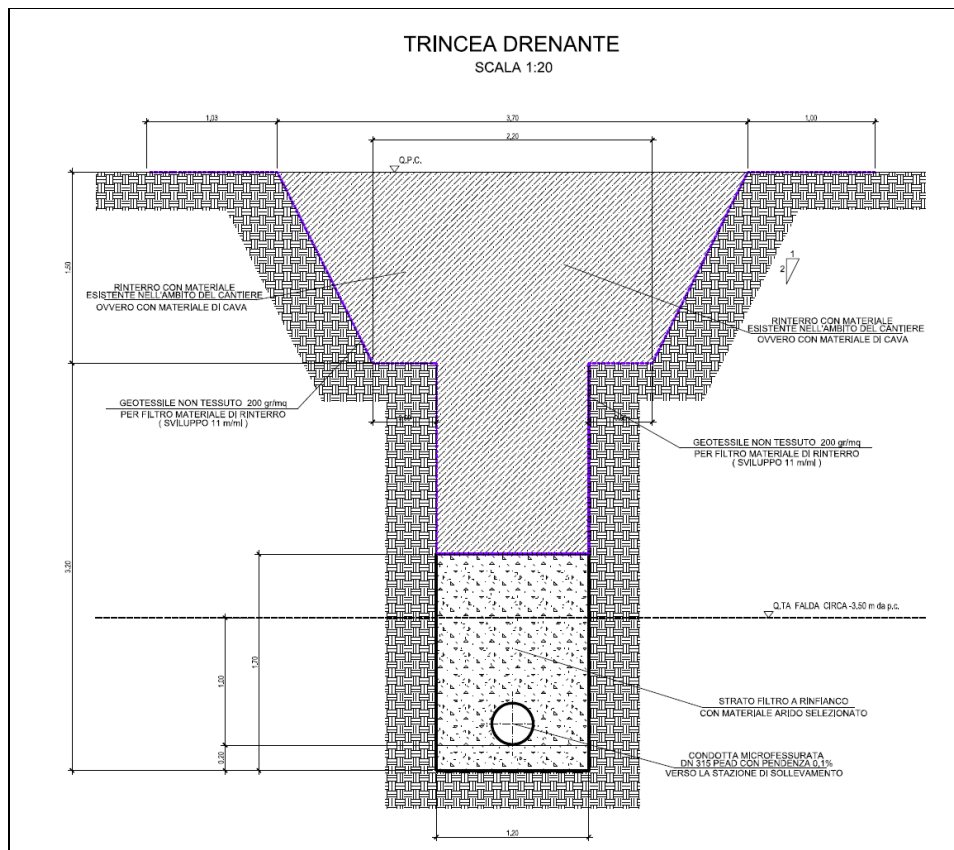
- uno strato di materiale arido selezionato (rinfiato della tubazione microfessurata);
- uno strato di materiale di ricoprimento (ricoprimento con materiale esistente nell’ambito del cantiere ovvero di cava);
- un geotessuto 200 g/mq dalla quota +0,50 m s.l.m. risvoltato fino in superficie e che separa lo strato di ricoprimento.

La realizzazione di tale opera avviene per mezzo di uno scavo a sezione obbligata fino al livello -1,20 m s.l.m. con apposita regolarizzazione del fondo, in modo da poter posare la condotta in piena sicurezza.

Per quanto concerne la portata di emungimento della trincea, in coerenza con quanto previsto dal progetto definitivo, è stata cautelativamente ricavata sulla base di un’ analisi di sensitività in funzione dei parametri maggiormente incerti, considerando in termini cautelativi il margine di area relativo alla conducibilità idraulica in area Ilva. Il valore così ottenuto è risultato dell’ ordine di  $850 \text{ m}^3/\text{d}$ , pari a  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ . Cautelativamente, anche in modo tale da permettere una corretta

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

funzionalità dell'impianto TAF, è stato previsto di considerare un valore di progetto più elevato, non inferiore ai  $1200 \text{ m}^3/\text{d}$  (ovvero  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ), tenendo conto, in questo modo, di eventi non prevedibili e pertanto non adeguatamente “modellizzabili”.



**Figura 4.4: sezione trincea drenante lato Laminati Ilva**

La trincea drenante provvederà, quindi, a drenare le acque di falda e a convogliarle per gravità all'interno di una stazione di sollevamento ubicata all'estremità nord della trincea, mediante la quale le acque verranno pompate all'impianto TAF attraverso un'apposita condotta premente di lunghezza pari a circa 25 m.

La modifica della lunghezza di tale condotta, che nel progetto definitivo era pari a circa 1.200 m in quanto dovuta alla diversa ubicazione dell'impianto TAF e delle piazzole di stoccaggio temporaneo, costituisce una miglioria tecnica al progetto con riduzione della spesa e comporta notevoli risparmi in termini di gestione e manutenzione della stessa.



#### **4.3 Impianto di Trattamento Acque di Falda (TAF)**

Il progetto di messa in sicurezza e bonifica della falda dell'area dell'ex Yard Belleli di Taranto prevede, come detto, la cinturazione fisica della falda, il drenaggio delle acque ed il loro trattamento mediante apposito impianto TAF in modo da renderle conformi ai limiti per lo scarico in acque superficiali secondo quanto previsto dalla normativa vigente (*Tabella 3, Allegato 5, Parte III, D.Lgs 152/06 e s.m.i.*).

A tal proposito, come prescritto dalla Conferenza di Servizi del 23/06/2010, sono stati effettuati, preliminarmente alla redazione di tale progetto esecutivo, prelievi di acque di falda e relative analisi di laboratorio e test di trattabilità che hanno permesso di ottimizzare lo schema di processo e quindi migliorare le prestazioni tecniche ed ambientali dell'impianto TAF.

L'impianto progettato sarà quindi in grado, anche a fronte di una minor spesa, di produrre un effluente con caratteristiche chimico-fisiche conformi allo scarico in mare nel rispetto della normativa vigente, e di ottenere i seguenti vantaggi in termini di incremento delle prestazioni:

- maggiore durabilità delle unità che lo compongono nei confronti delle usure e delle aggressioni dovute alle acque salmastre;
- costi di gestione minori (consumo e costo dei reagenti impiegati);
- costi di manutenzione ordinaria e straordinaria minori.

##### **4.3.1 Linea di trattamento**

La linea di trattamento dell'impianto TAF progettato prevede le seguenti unità, suddivise in “linea Acque” e “Linea Fanghi”:

#### **LINEA ACQUE**

**Bacino di accumulo iniziale:** Il volume di stoccaggio iniziale, in ossequio alle indicazioni del progetto definitivo, è stato scelto in modo da far fronte all'eventuale fuori servizio dell'impianto per 6 ore, ritenuto sufficiente per riparare malfunzionamenti che possono inibire il funzionamento entrambe le linee di

processo; in virtù della volumetria di stoccaggio adottata, il bacino iniziale assolverà anche la fondamentale funzione di equalizzazione delle portate in arrivo che, per la natura dell'acquifero interessato, potranno presentare significative variabilità nel corso dell'anno. Il volume del serbatoio sarà, dunque, di 300 mc, con dimensioni nette 14x7x3 m ed una altezza  $H=3.5$  m (hu (altezza utile acqua) = 3 m,  $H$  = altezza netta parete perimetrale). Come accennato, le linee di trattamento potranno operare ordinariamente con una in stand-by ed una in esercizio, ovvero, in caso di basse efficienze a pieno carico idraulico (60 mc/h), la portata potrà essere parzializzata su ciascuna linea (30 mc/h), garantendo tempi di contatto e cinetiche di abbattimento migliori.

**Impianto di coagulazione:** dal bacino di accumulo, a gravità, l'acqua defluisce verso l'area di coagulazione, allocata in una vasca in c.a. di dimensioni 5,50 x 5,50 m; al fine di consentire il deflusso a gravità dal bacino iniziale in qualsiasi condizione di funzionamento, il fondo vasca è stato posto a circa -1,50 m rispetto al piano di calpestio del TAF.

All'interno di tale vasca, sono installate due bacini di coagulazione, uno per ciascuna linea, delle dimensioni 1,3 x 1,3 x 1 m, in acciaio aisi 304, dotati di agitatore rapido, all'interno delle quali avverrà il mescolamento tra influente e reagente di coagulazione, nello specifico il policloruro di alluminio (PAC); per il dimensionamento della fase si è adottato un tempo di contatto (tempo di detenzione idraulica) pari ad 1 minuto.

Parallelamente alla aggiunta del coagulante, nei bacini in parola è previsto avvenga anche il dosaggio di acido cloridrico (HCl) necessario alla correzione del pH dal valore in ingresso  $>10$  fino a valori neutri. Il dosaggio dell' HCl, così come quello del PAC, avverrà attraverso 3 pompe dosatrici (una per linea più una in stand-by al servizio) a loro volta alimentate da un serbatoio di stoccaggio in polietilene rinforzato in fibre di vetro (PRFV), ovvero in vetroresina. Le capacità dei serbatoi di stoccaggio sono state determinate in maniera tale da garantire una riserva settimanale di reattivi.

A valle della fase di neutralizzazione/coagulazione sono installate n° 3 pompe monoblocco ad asse orizzontale (P01 A/B/C), una per ogni linea, più una di stand-

by. Ciascuna pompa avrà una portata  $Q=60 \text{ m}^3/\text{h}$  e una prevalenza di 0,5 bar, tale da assicurare la corretta alimentazione della successiva fase di flocculazione.

**Flocculazione e Flottazione:** ottenuta la coagulazione preliminare grazie al dosaggio di PAC nel *range* ottimale di pH, come corretto dall'aggiunta di HCl, si prevede il dosaggio dell'agente flocculante. Per l'ottimizzazione del processo si è fatto ricorso ad opportune prove di laboratorio i cui risultati sono riportati nella Relazione Specialistica “[RE.SP.05](#)”. Si prevede l'utilizzo di n° 2 (uno per linea di processo) bacini di flocculazione, in acciaio aisi 304 e del volume di 25.000 litri; ciascun bacino è separato internamente in due parti, per ognuna delle parti è prevista l'installazione di un agitatore lento della potenza ciascuno di 2,2 kW. Il tempo di ritenzione adottato per la fase è di circa 20 minuti. All'interno dei bacini di flocculazione, tramite elettropompa dosatrice verrà dosato il polielettrolita anionico, risultato idoneo nel corso dei test di laboratorio.

Il bacino prescelto si presenta in container chiuso, la cui sommità è in grado di sopportare i carichi dinamici dovuti all'agitatore e un sovraccarico di 250 Kg/mq per tenere in conto la presenza di eventuali operatori, in occasione di manutenzione.

Le acque effluenti dal bacino di flocculazione, per gravità, mediante idonea tubazione di collegamento giungeranno nel bacino di flottazione. A valle delle fasi di coagulazione e flocculazione, si è previsto l'impiego – per espletare la separazione dei flocculi prodotti in precedenza – di una fase di flottazione nella quale, per effetto dell'aria dispersa in minuscole bollicine, il materiale coagulato sarà trascinato in un moto ascensionale verso la superficie del liquido dove, in brevissimo tempo si addenserà e potrà essere evacuato a mezzo di pale raschianti.

Il liquido chiarificato sarà scaricato, a caduta, mentre il fango sarà prima addensato in apposita tramoggia e, quindi, trasferito mediante pompa volumetrica monovite, ad un ispessitore e successivamente disidratato.

Le vasche di flottazione – in numero di una per linea di trattamento - sono completamente realizzata in acciaio aisi 304 ed hanno uno sviluppo pari a 8,0 x 2,45 x 2,3 m. Ogni vasca è funzionalmente suddivisa in tre comparti (Vasca di

saturazione, Tramoggia di raccolta del materiale flottato, Vasca di accumulo e scarico dell'acqua chiarificata) ma realizzata in un unico blocco. All'interno della vasca di saturazione, per effetto dell'aria dispersa in minuscole bollicine, il refluo coagulato e flocculato sarà trascinato velocemente sulla superficie del liquido dove in pochi minuti si addenserà e potrà essere evacuato, mediante una serie di pale raschianti trascinate da catene e pignoni in acciaio inox aisi 304, e trasferito alla tramoggia di raccolta. La saturazione del refluo con aria compressa, avviene all'interno di serbatoi di saturazione di forma cilindrica verticale, opportunamente dimensionati in base alla portata in ingresso al flottatore.

L'effluente dal flottatore, per la prosecuzione del processo di trattamento, deve raggiungere il bacino di ossidazione. Al fine di limitare i consumi energetici connessi agli impianti di pompaggio e per semplificare la gestione e manutenzione dell'impianto nel suo complesso, si è previsto il collegamento a gravità tra la fase di flocculazione e quella di ossidazione; il bacino di ossidazione è stato ubicato all'interno di una vasca in c.a. con fondo ad una quota pari a -1,0 m rispetto al piano di calpestio dell'area di impianto.

L'evacuazione dei fanghi prodotti in flottazione avviene mediante apposite pompe di rilancio verso la successiva fase di trattamento (linea fanghi) consistente nell'ispessimento.

**Bacino di ossidazione:** nel corso della campagna di analisi effettuata nel 2014, si è verificato un significativo superamento dei limiti allo scarico con riferimento ai parametri BOD5 e COD, confermato anche dalla campagna del dicembre 2014. Al fine di ottimizzare il processo di trattamento si sono eseguiti test di laboratorio mirati alla identificazione delle più opportune tecniche depurative. Il treno di trattamenti relativo alla coagulazione ed alla flocculazione-flottazione, a scala di laboratorio, eseguito sulle acque di falda in esame ha portato a risultati soddisfacenti solo per quanto attiene ai parametri pH, SS, solfuri ed idrocarburi. Relativamente ai parametri COD e BOD sono stati riscontrati, nella campagna di test del maggio 2104, valori di concentrazione, a valle dei trattamenti, rispettivamente di 492 mg/L per COD e 196 mg/L per BOD, superiori ai limiti per lo

scarico. Per tale ragione si è deciso di integrare il set delle prove di trattabilità, e quindi il processo di trattamento, includendo una fase di **ossidazione chimica**.

Dai risultati ottenuti in laboratorio, si evince un significativo abbattimento del COD e BOD al di sotto dei limiti previsti mediante l'impiego di NaOCl (ipoclorito di sodio) quale agente ossidante anche con dosaggi minimi, a fronte di costi ridotti per il suo approvvigionamento (ad esempio rispetto ad altri agenti quali il biossido di cloro) e limitate variazioni di pH (che andrebbero poi nuovamente neutralizzate qualora eccessive). Sulla scorta di tali risultati di laboratorio si è progettata una fase di ossidazione chimica, con utilizzo di ipoclorito di sodio, mirata all'abbattimento del COD e del BOD5 come di seguito descritta.

Dalla vasca di flottazione, a gravità, l'acqua defluisce verso il bacino di ossidazione. Per la realizzazione si è optato per l'impiego di una vasca metallica delle dimensioni in pianta 2,5 x 2,5 m ed un'altezza utile 2,0 m (altezza totale del bacino 2,40 m); il bacino in parola sarà dotato di agitatore per consentire l'intimo contatto tra il reagente ossidante NaOCl e l'acqua. Il dosaggio del reagente sarà garantito da apposite pompe dosatrici. Al fine di garantire lo stoccaggio di una quantitativo di reagente tale da coprire almeno il consumo settimanale dell'impianto, si è proposto un serbatoio di stoccaggio NaOCl in polietilene rinforzato in fibra di vetro (PRFV), ovvero in vetroresina, del volume di circa 10 mc.

All'interno della stessa vasca in c.a. di contenimento del bacino di ossidazione, sono alloggiate le n° 3 pompe ad asse orizzontale (P06 A/B/C), una per ogni linea più una di stand-by, necessarie al rilancio dell'effluente dell'ossidazione verso i filtri a Carboni Attivi (GAC). La prevalenza è tale da assicurare il flusso attraverso i filtri a carbone attivi e il raggiungimento del successivo bacino delle acque filtrate.

**Filtrazione:** Sulla scorta degli esiti delle analisi e a conferma di quanto previsto in sede di progetto definitivo, si prevede di installare n° 3 filtri a carbone attivo, di cui n° 2 in esercizio e uno con funzione di riserva, quest'ultimo utilizzato durante la fase di controlavaggio di ciascuno dei due in esercizio ordinario. Sebbene il valore degli idrocarburi totali sia inferiore al limite (5 mg/l) previsto per lo scarico in fogna o in impianto di depurazione, si è comunque ritenuto necessario ridurre il carico

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

massico di inquinanti immessi nelle acque superficiali. I filtri a carboni attivi consentiranno anche la rimozione di IPA, attualmente non riscontrati sui campioni di acque prelevate nelle ultime campagne del 2010 e del 2014 (rispetto ai limiti per lo scarico in acque superficiali), ma di cui sono stati riscontrati superamenti nei suoli e nelle acque nella campagna del 2003 (rispetto alle CSC).

La portata di acqua in ingresso alla filtrazione sarà pari a  $50+10 = 60$  mc/h, tenendo conto dell'acqua pressurizzata di ricircolo dal serbatoio di stoccaggio finale ai due flottatori ad aria indotta. È prevista la possibilità funzionale che possano essere in esercizio tutti e tre i filtri con portata ciascuno di  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ . Per il progetto si è seguita la comune pratica del settore, dimensionando il letto di adsorbente in maniera conservativa.

**Lavaggio filtri GAC:** Le acque filtrate saranno scaricate a gravità in un unico bacino acque filtrate, in calcestruzzo (completamente fuori terra) di dimensioni  $5,30 \times 4 \times 2,20$  m, con  $h_u = 2,20$  e  $H = 2,50$ . Da tale bacino aspireranno le pompe di controlavaggio dei filtri. I filtri a carboni attivi saranno lavati con sola acqua secondo la seguente sequenza:

- *Svuotamento filtro: abbassamento livello idrico per circa 2 minuti*
- *Lavaggio con acqua: lavaggio con acqua per 10 minuti  $Q = 100 \text{ mc/h}$   $H = 2,5$  bar*

Le n°2 pompe per controlavaggio filtri saranno del tipo monoblocco ad asse orizzontale, una in funzione e l'altra in stand-by. Il volume minimo da stoccare nella vasca per il controlavaggio sarà pari a:  $V_{\min} = 100 \text{ mc/h} \times 10 \text{ min} = 16.66 \text{ mc}$ . La prevalenza delle pompe di controlavaggio è stata calcolata per consentire lo scarico delle acque ex lavaggio nel bacino di accumulo iniziale dell'impianto.

Per garantire la disponibilità, in qualsiasi condizione di funzionamento del sistema, del volume necessario al controlavaggio dei filtri, il bacino delle acque filtrate è dotato di soglia stramazzante a guardia della condotta di scarico delle acque a mare. Nel dettaglio, il flusso proveniente dalla filtrazione GAC perviene ad una prima parte della vasca e provvede ad invasarsi sino al raggiungimento della quota della soglia sfiorante prevista su un lato; in mancanza di controlavaggio, le acque inizieranno a sfiorare ed ad alimentare la seconda parte del bacino da cui ha origine la condotta di scarico a mare. Tale scarico avverrà a gravità per mezzo



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

di una condotta DN250 in pvc avente lunghezza complessiva di circa 822 metri. Il tracciato della condotta di scarico, come detto, ha origine dal bacino delle acque filtrate, si sviluppa parallelamente all'asse dell'impianto per poi disporsi parallelamente alla trincea drenante e, infine, parallelamente al barriera lato mare. Giunta in prossimità della sezione di scarico, la condotta attraversa il sistema di barriera per attestarsi a tergo della scogliera esistente. Il profilo di posa della condotta di scarico prevede una pendenza costante pari al 0.15%.

**LINEA FANGHI**

In riferimento alle prove effettuate dal T&A srl, il fango separato per coagulazione-flocculazione è estremamente ridotto in volume, come del resto anche i calcoli teorici del progetto definitivo lasciavano prevedere. Dalla fase di chiariflocculazione pertanto è stato possibile, in laboratorio, determinare la concentrazione in uscita del fango prodotto, in relazione al dosaggio di polielettrolita utilizzato. La concentrazione del fango di supero ottenuta in laboratorio è risultata pari a 37,5 g/L (3,75%).

**Ispessitore:** Le condizioni di pH e dei dosaggi utilizzati, consentono quindi di affermare che è possibile ottenere valori di fango ispessito con concentrazione di solidi vicini al valore obiettivo previsto in progetto (del 5%). Il fango ispessito dovrà essere avviato, per quanto prevede il progetto, ad una sezione di filtropressatura, per ottenere un fango alla concentrazione di almeno 25% SS.

Considerato il modesto quantitativo di fanghi di supero prodotti, non è stato possibile effettuare delle prove di condizionamento chimico pre-filtropressatura.

I fanghi da trattare provengono da due flottatori e funzionalmente connessi alla corrispondente sezione di flocculazione. Considerando le condizioni più cautelative, si assume che la concentrazione di SS in ingresso sia pari a 31 mg/l ovvero il valore massimo di concentrazione di SS riscontrata durante le prove di laboratorio. Con l'obiettivo di scaricare a 10mg/l (più dell'85% inferiore rispetto al limite di scarico di 80 mg/l), il flusso massico di solidi da rimuovere è pari a :

$$(31-10) \text{ g/mc} \cdot 60 \text{ mc/h} = 1260 \text{ g/h} = 30,24 \text{ KgSS/d}$$

Considerando una concentrazione di fanghi in uscita dal flottatore pari a:

$$C(1\%) = 10 \text{ KgSST/mc}$$

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

La portata di fango in uscita dal flottatore è pari a 3,024 mc/d.

L'estrazione avverrà mediante pompe monovite. Tali pompe addurranno il fango ad un ispessitore statico in PRFV di forma tronco-conica, di diametro pari a 1200 mm, un'altezza totale pari a 3600 mm a cui corrisponde un volume di 2.65 m<sup>3</sup>.

Il Carico superficiale massimo sarà pari al rapporto tra la portata in uscita dal flottatore (portata della pompa) e la superficie dell'ispessitore: detto rapporto risulta pari a 0,88 m/h.

Per la progettazione dell'altezza dell'ispessitore si è adottato il parametro del tempo di ritenzione idraulico = volume ispessitore / portata giornaliera che deve risultare prossimo alle 24 ore. Nel caso di specie è risultato:

Tempo ritenzione = 2,65/3,024 = 0.88 giorni = 21 ore

Per la sicurezza della efficienza di ispessimento si è adottata un'unità di preparazione e dosaggio automatico di un flocculante per l'ispessitore. La concentrazione della soluzione di flocculante si potrà settare in un intervallo variabile tra 0.1% e 0.3% in peso. La portata nominale del sistema sarà di 100 lt/h, potenza installata 0.54 kW, per il dosaggio sono previste n° 2 pompe dosatrici, una in funzione e l'altra in stand-by.

Il fango in uscita avrà una concentrazione pari a circa 40KgSST/mc, tale da avere una portata di fango in uscita dall'ispessitore pari a:

$$Q_{\text{fango out ispessitore}} = (3,024/40) = 0,756 \text{ mc/g}$$

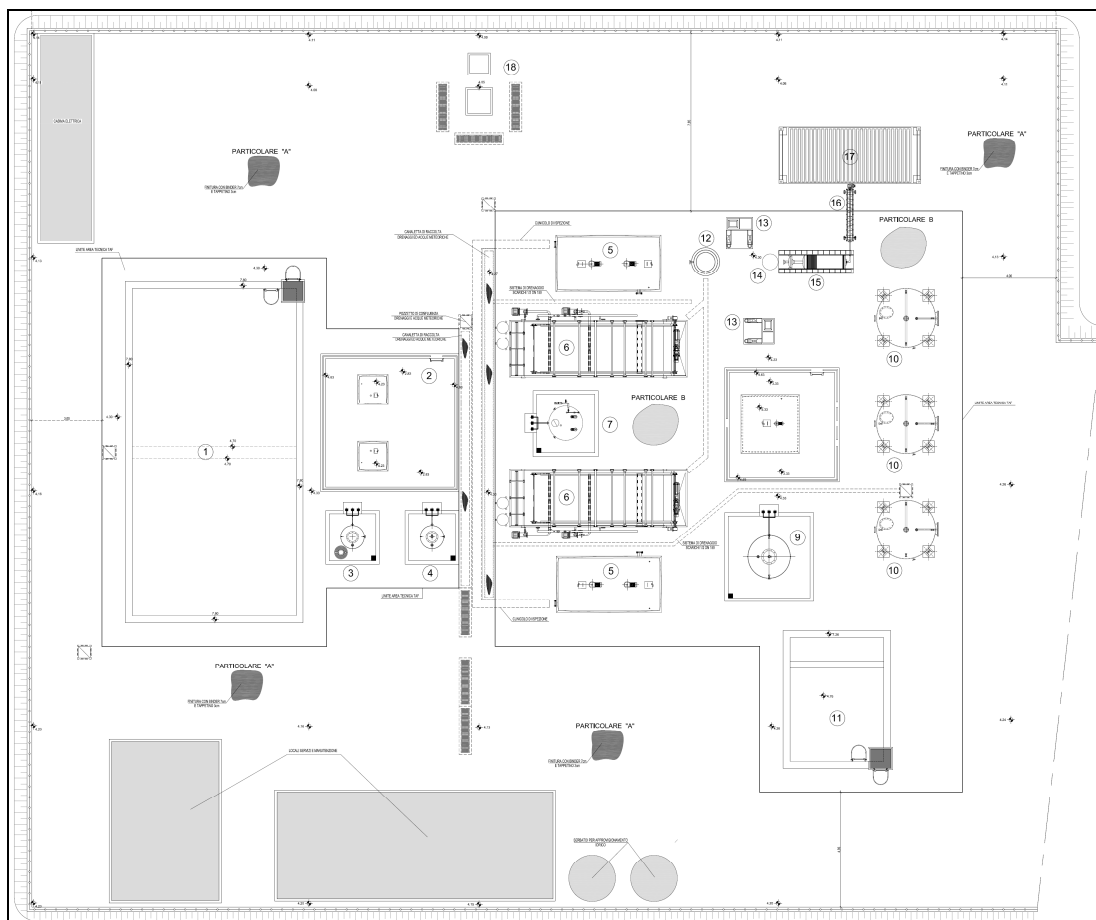
**Filtropressa a piastre:** la fase successiva, rappresentata da una sezione di disidratazione meccanica, ha lo scopo di aumentare il tenore in secco dei fanghi portandolo dal 4% in uscita dall'ispessitore al valore minimo del 25% per lo smaltimento in discarica, ai sensi del vigente D.M. 3 agosto 2005.

La filtropressa a piastre è una tecnologia affidabile per queste tipologie di fanghi a queste portate, in grado di raggiungere gli obiettivi di 25% SS. Si prevede un funzionamento per 1 ore/d della disidratazione in considerazione del fatto che la portata di fanghi prevista è decisamente bassa e, quindi, si è optato per la taglia di filtropressa tra le più piccole in commercio, con portata nominale di 1 mc/h. Nel caso di produzione maggiore di fanghi, sarà possibile aumentare sia il tasso di evacuazione fanghi dall'ispessitore, che le ore di funzionamento della filtropressa.

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

I fanghi pompati dall'ispessitore vengono miscelati in linea con polielettrolita necessario al condizionamento del fango. La portata di fango disidratato al 25% in uscita dall'impianto è stimabile in circa 0.15 mc/d (0.2 t/d alla densità di 1,25 t/mc). L'acqua di sgrondo della filtropressa, così come quella in uscita dall'ispessitore, defluiranno per gravità, attraverso due condotte all'interno di un pozzetto di confluenza dal quale ripartirà una terza condotta che sverserà le acque all'interno di un impianto di sollevamento di raccolta delle acque di drenaggio e meteoriche. Tale impianto sarà prefabbricato, delle dimensioni 1,50 x 1,50 x 1,00 m, e all'interno saranno installate n° 2 pompe sommerse che permetteranno il rilancio, attraverso apposita tubazione di mandata, nel bacino di accumulo iniziale della volumetria di 300 mc.

Di seguito in [Figura 4.5](#) si riporta la planimetria dell'impianto TAF.



**Figura 4.5: planimetria impianto TAF**

#### **4.4 Copertura superficiale mediante “capping”**

La barriera fisica di copertura superficiale ha, nel contesto dell'intervento in oggetto, una duplice funzione essenziale per la messa in sicurezza e bonifica della falda dell'area:

- a) impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso il suolo contaminato in modo da impedire in profondità la diffusione degli inquinanti nelle acque sotterranee e verso mare;
- b) impedire il contatto diretto col suolo contaminato ed eliminare eventuali emissioni gassose, in modo da rendere fruibile l'area per utilizzi industriali-commerciali.

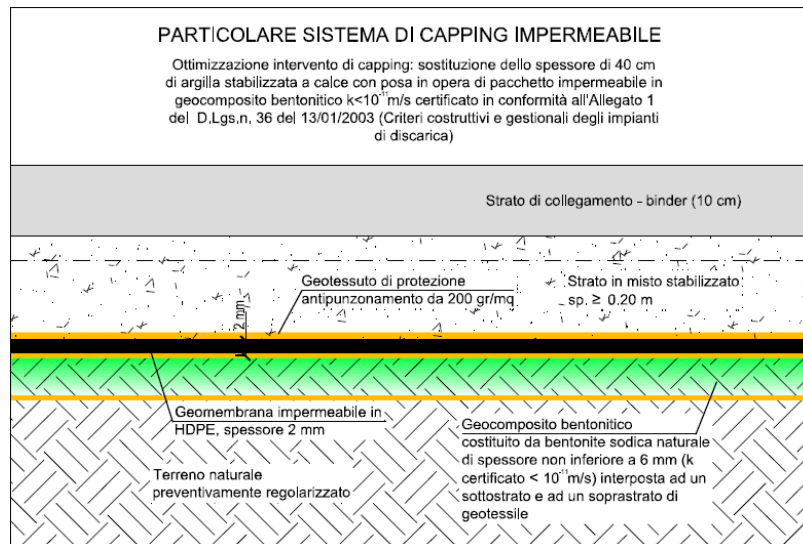
Tali obiettivi saranno raggiunti in toto soltanto a completamento degli interventi sull'intera area dell' “ex Yard Belleli”.

Per la copertura delle aree destinate alla viabilità si prevede la realizzazione di un *capping* completato da una pavimentazione carrabile, sia per favorire il drenaggio delle acque meteoriche sulla superficie stradale che per garantire la completa impermeabilità del pacchetto. Di seguito si riporta la stratigrafia del pacchetto tipo (cfr. Elaborato “[TAV.D.05](#)” e [Figura 4.6](#)):

- a) 10 cm strato di binder;
- b)  $\geq 40$  cm di misto stabilizzato;
- c) Geotessuto 200 gr/m in grado di
  - ripartire i carichi;
  - separare gli strati;
  - proteggere il manto impermeabilizzante dagli spigoli vivi degli inerti.
- d) Geomembrana in HDPE sp= 2 mm;
- e) Geocomposito bentonitico impermeabile con  $K < 1 \times 10^{-11}$  m/s certificato, in sostituzione dello strato di argilla previsto nel progetto definitivo con  $K < 1 \times 10^{-9}$  m/s, in quanto fornisce maggiori garanzie in termini di impermeabilità

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

nel tempo. Infatti lo strato d'argilla risulta di difficile regolarizzazione e spandimento nelle aree oggetto di pavimentazione rigida e semi-rigida e, anzi, ne altera le performance prestazionali delle stesse creando imprevedibili fessurazioni e cedimenti con il degrado nel tempo dell'intero pacchetto impermeabile. Le caratteristiche prestazionali del geocomposito sono descritte nel paragrafo successivo.



**Figura 4.6: Pacchetto di impermeabilizzazione viabilità**

Invece, per quanto concerne le aree tecniche delle piazzole di stoccaggio, il pacchetto superficiale carrabile è sostituito da una soletta di calcestruzzo dello spessore di 0,15 m, armato con rete elettrosaldata, e lo strato drenante di misto stabilizzato avrà spessore medio di 0,35 m in modo da conservare la continuità superficiale delle aree pavimentate e lo spessore totale di *capping* (vedi [Figura 4.7](#)).

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

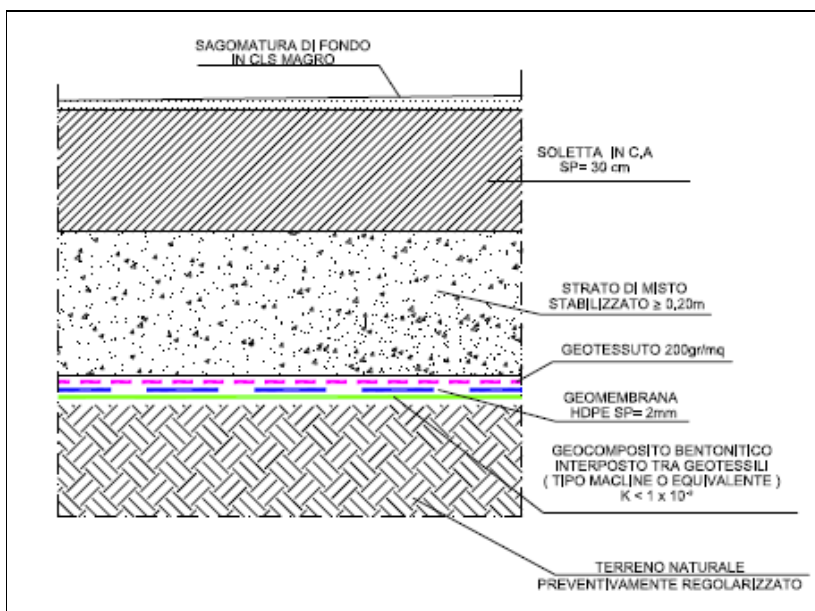


Figura 4.7: Pacchetto di impermeabilizzazione aree di stoccaggio

#### 4.4.1 Equivalenza fra manti di argilla compattata e manti artificiali in minerali argillosi

Il D.Lgs 36/2003 (nell'Allegato 1) ammette la possibilità di sostituire il manto in argilla compatta con un manto equivalente in minerali argillosi.

La protezione equivalente di una barriera, in generale, si basa sul concetto che il flusso permesso per unità di area fra due barriere deve essere almeno uguale se non minore ai limiti imposti.

Il flusso che attraversa un telo in geocomposito bentonitico (GCL) idratato è convenzionalmente calcolato tramite la legge di Darcy (Geosynthetic Institute, 2013; Koerner, 2005; Bouazza, 2002):

$$Q = k \frac{h + t_{GCL}}{t_{GCL}}$$

Dove:

- Q = Portata per unità di area (m<sup>3</sup>/sec)
- k = permeabilità del GCL (m/sec)
- t<sub>GCL</sub> = spessore effettivo del GCL sotto carico (m)
- h = altezza del battente massimo sopra il GCL (m),



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

Nel caso in esame si può porre:

- k =  $10^{-11}$  m/s (dato derivante dalla scheda tecnica del prodotto)  
t<sub>GCL</sub> = 6.0 mm = 0,006 m (minimo)  
h = 1.0 m (battente idrico ipotizzato per avere un confronto fra le soluzioni)

I valori della permeabilità e dello spessore minimo del GCL possono essere ricavati dalla Scheda Tecnica che si riporta in [Figura 4.8](#). In particolare il valore della permeabilità è quindi certificata direttamente in stabilimento, assicurando in tal modo il collaudo del pacchetto del *capping* realizzato.

Il criterio applicato allo strato di argilla compattata può essere scritto nella stessa forma:

$$Q = k \frac{h + s}{s}$$

Dove:

- Q = Portata per unità di area (m<sup>3</sup>/sec)  
k = permeabilità dello strato di argilla (m/sec)  
s = spessore effettivo dello strato di argilla (m)  
h = altezza del battente massimo sopra il manto di argilla (m),

Nel caso in esame si può porre:

- k =  $10^{-9}$  m/s  
s = 0.4 m

Con questi dati, il confronto fra le portate dei due sistemi sotto lo stesso battente idraulico (come riportato nella Tabella 3) porta all'evidenza che il manto in GCL offre migliore protezione in termini di portate filtrate nell'unità di tempo e sull'unità di area. **Il rapporto fra le due portate è > 2.0.**

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

**MACCAFERRI**

**SCHEDA TECNICA**

Rev. 09, Data 20.01.2011

**MACLINE GCL N**  
 GEOCOMPOSITI BENTONITICI

I geocompositi bentonitici Macline GCL tipologie N consistono in uno strato di bentonite interposta tra due geotessili nontessuti di tipo agugliato in filamenti di polipropilene; i vari componenti sono a loro volta tra loro agugliati sì da raggiungere le massime prestazioni nelle più svariate e severe condizioni di impiego.  
 Questa struttura, fittamente agugliata, garantisce una notevole resistenza al taglio del geocomposito ed allo spellamento dei singoli strati, garantendo le prestazioni idrauliche standard di bassa permeabilità su superfici anche ad elevata inclinazione.

MACLINE GCL			N10	N20
Caratteristiche geotessili di supporto				
Strato di base e superiore			Geotessile non tessuto del tipo agugliato	
Polimero dei geotessili			polipropilene	
Massa areica (valore minimo)	EN ISO 9864	gr/m <sup>2</sup>	150	200
Caratteristiche della bentonite				
Tipologia			Bentonite sodica	
Peso specifico		g/cm <sup>3</sup>	2.60	
Punto di fusione		°C	1340	
Granulometria		mesh	Speciale miscela da 6 a 30 (circa)	
Contenuto in montmorillonite		%	>70	
Assorbimento d'acqua	ASTM E946	%	>650	
Capacità di rigonfiamento libero	ASTM D5890	ml/2g	>24	
Perdita di flusso	ASTM D5891	ml	<18	
Massa di bentonite (valore tipico al 12% di umidità)		g/m <sup>2</sup>	4200	4700
Caratteristiche del geocomposito (GBR-C)				
Massa areica (valore tipico)	EN 14196	g/m <sup>2</sup>	4500	5100
Spessore nominale (valore tipico)		mm	6.5	7.0
Resistenza scorrimento interstrato (valore minimo)	ASTM D6496	N/10 cm	65	
Permeabilità • a 35 kPa • a 100 kPa	ASTMD5084	m/sec m/sec	5x10 <sup>-11</sup> 1x10 <sup>-11</sup>	4x10 <sup>-11</sup> 1x10 <sup>-11</sup>
Perdita di flusso	ASTM D5887	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> sec	6x10 <sup>-9</sup>	
Resistenza a trazione longitudinale <sup>(1)</sup>	EN ISO 10319	kN/m	11.0 (-0.4)	15.1 (-0.7)
Allungamento <sup>(1)</sup> (longitudinale)	EN ISO 10319	%	70	70
Punzonamento statico <sup>(1)</sup> (CBR)	EN ISO 12236	kN	2.5 (-0.2)	3.8 (-0.2)
Resistenza scorrimento interstrato	ASTM D4595	kN/m <sup>2</sup>	40	40
Lunghezza dei rotoli		m	44	
Larghezza dei rotoli		m	4.55	
Superficie dei rotoli		m <sup>2</sup>	200	

(1) valore caratteristico della resistenza al 95% del limite di confidenza.

Il film di protezione e rivestimento del GBR-C non deve essere rimosso sino a quando il geocomposito non venga installato.

Il geocomposito deve essere coperto entro 3 giorni dall'installazione (EN 12224 - durabilità).



Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza e di analisi di laboratorio ma non costituiscono una garanzia prestazionale minima dei materiali. In ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

**Officine Maccaferri S.p.A.**  
 Via Kennedy, 10 - 40069 Zola Predosa (BO) - Italy  
 Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-6436201  
 E-mail: comit@maccaferri.com - Web site: www.officinemaccaferri.com

Azienda con Sistema Qualità Certificato  
 da Bureau Veritas con accreditamento Sincert e Ulas.

**Figura 4.8: scheda tecnica telo in geocomposito bentonitico (GCL)**

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

Equivalenza dei manti in Geocomposito Bentonitico (GCL) con manti in argilla compattata (CCL)			
Portata massima ammissibile sul manto in argilla compattata:			
s =	0,4 m	spessore del manto in argilla compattata	
k =	1,00E-09 m/s	permeabilità massima attesa	
h =	1,0 m	battente idrico di riferimento	
QCCL =	3,5E-09 mc/s	portata massima ammessa per unità di superficie	
Portata massima attesa con il manto GCL			
s =	0,0065 m	spessore del telo GCL	
k =	1,00E-11 m/s	permeabilità massima attesa	
h =	1,0 m	battente idrico di riferimento	
QGCL =	1,55E-09 mc/s	portata massima attesa per unità di superficie	
Verifica soddisfatta QGCL<QCCL			
Fs =	2,26	Coefficiente di sicurezza sulle portate	

Tabella 3: Equivalenza delle portate

**Considerazioni di carattere meccanico**

La sostituzione fra lo strato di argilla compattata con il GCL, nell'area di sedime del depuratore, comporta anche un miglior comportamento meccanico dell'appoggio della vasche del TAF.

Infatti, a parità di carico, il cedimento atteso sotto le vasche dovuto al loro peso, è proporzionale al modulo elastico dell'argilla ed allo spessore dello strato.

Anche ammettendo che il modulo dell'argilla stabilizzata a calce, possa essere confrontabile con il modulo trasversale di un telo in GCL, i cedimenti sono legati allo spessore degli strati che, nel caso specifico, sono in rapporto di 1/65 volte circa.

E' evidente, quindi, il miglioramento atteso.

### **Considerazioni dal punto di vista esecutivo**

Dal punto di vista esecutivo i vantaggi della soluzione proposta possono essere sintetizzati in due aspetti:

- riduzione dei tempi di esecuzione
- affidabilità del risultato finale

Nel primo caso, infatti, la riduzione dei tempi attesa è importante poiché si passa da qualche settimana per la messa in opera, stabilizzazione, compattazione e collaudo dell'argilla compattata a qualche giorno per la posa del GCL.

Per il secondo aspetto, invece, si sottolinea come nella compattazione e stabilizzazione di uno strato di argilla di 0.40 m sia molto difficile ottenere dei risultati ottimali per il limitato spessore del manto che costringe al più a fare due strati da 0.20 m quando nelle normali applicazioni non si scende mai sotto i tra strati e spessori minimi di 0.50 m (ma in realtà si utilizza quasi sempre uno spessore minimo di 1.0 m).

La soluzione proposta, d'altronde, è ampiamente adottata nella copertura delle discariche dove proprio il limitato spessore favorisce la sostituzione dell'argilla compattata con il GCL.

La stessa possibilità di collaudo in sito (necessario per una corretta valutazione della permeabilità) è fortemente condizionata dal limitato spessore che non si concilia con le ordinarie prove in sito (infiltrometri, pozzetti o Boutwell).

#### **Riferimenti Bibliografici:**

- 1)** *Geosynthetic Institute (2013) "Design Considerations for Geosynthetic Clay Liners (GCLs) in Various Applications";*
- 2)** *Koerner, R. M. (2005), "Designing with Geosynthetics", fifth edition;*
- 3)** *Bouazza, A. (2002), "Geosynthetic Clay Liners," Geotextiles and Geomembranes, Vol. 20.*

#### **4.5 Area di stoccaggio e gestione dei materiali provenienti dagli scavi**

A fianco del piazzale dell'impianto di trattamento è situata l'area di appoggio per la movimentazione, la selezione, la caratterizzazione e lo stoccaggio temporaneo dei materiali scavati.

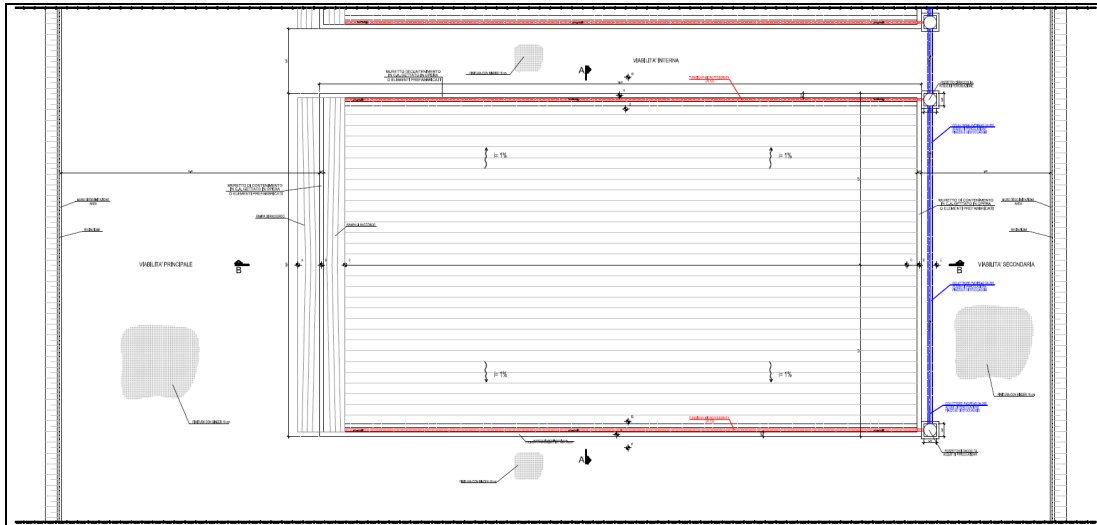
La superficie dell'area di stoccaggio è stata ridotta rispetto a quella del progetto definitivo in quanto con la scelta di utilizzare la tecnica “PSP” per la cinturazione fisica della falda, i volumi di risulta dei materiali di scavo si riducono notevolmente (di circa il 69,36%). Si stima cautelativamente che i volumi provenienti dagli scavi che saranno abbancati in tali piazzole sono pari a circa 3.021,26 m<sup>3</sup>, che includono quelli provenienti da tutte le lavorazioni previste (per i dettagli si rimanda al relativo elaborato [RE.G.02 – Piano di Gestione dei Materiali di scavo](#) e al successivo Capitolo 5).

L'area di stoccaggio presenta caratteristiche idonee per svolgere tale funzione di stoccaggio temporaneo. Essa risulta ancora suddivisa in piazzole che possono essere coperte con teli impermeabili, ed è dotata di un sistema di drenaggio e sollevamento delle acque proprie, nonché di quelle meteoriche, che fa capo all'impianto di trattamento.

Le quote del piazzale sono riportate negli elaborati di progetto e la pendenza minima trasversale assunta è stata del 3 per mille, mentre quella longitudinale del 2 per mille in accordo con quanto previsto nel progetto definitivo generale. Le differenze altimetriche del pavimentato stradale verranno compensate variando lo spessore dello strato di misto stabilizzato.

Di seguito in [Figura 4.9](#) si riporta una planimetria con dettaglio costruttivo tipologico di una delle aree di stoccaggio.

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



**Figura 4.9: planimetria con dettaglio costruttivo tipologico di una delle area di stoccaggio**

#### **4.6 Alimentazione elettrica esterna ed Impianto elettrico interno**

Gli obiettivi principali di tale sottocategoria di lavori sono fondamentalmente quelli di:

- portare l'alimentazione elettrica dalla rete esterna fino all'area di ubicazione dell'impianto TAF;
- distribuire l'energia elettrica all'interno dell'area di cantiere in modo da collegare e rendere funzionanti tutte le componenti dell'impianto.

##### **4.6.1 Allacciamento alla rete esterna**

Da ricerche e sopralluoghi effettuati con i tecnici dell'impresa distributrice (ENEL) nell'area oggetto dell'intervento, è emerso che nelle vicinanze non vi è alcuna rete di Bassa Tensione cui allacciarsi. Pertanto, la consegna dell'energia elettrica avverrà direttamente dalla rete di media tensione e sarà realizzata all'interno di una apposita cabina di consegna posta sul confine di proprietà, in prossimità dell'ingresso principale (al di sotto del cavalcavia della S.S. 106 Jonica).

La cabina di consegna, realizzata nel rispetto dei protocolli richiesti dell'impresa distributrice (ENEL), sarà suddivisa in tre locali:



**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

- Un locale di pertinenza esclusiva dell'impresa distributrice per l'alloggiamento delle proprie apparecchiature di protezione;
- Un locale di pertinenza promiscua impresa distributrice/utente per l'alloggiamento delle apparecchiature di misura fiscale;
- Un locale di pertinenza esclusiva dell'utente per l'alloggiamento delle apparecchiature di protezione di media tensione.

Tutta l'impiantistica di cabina (apparecchiature, relè, cavi, sistemi di continuità per l'alimentazione dei relè di protezione) saranno conformi a quanto previsto dalla norma CEI 0-16.

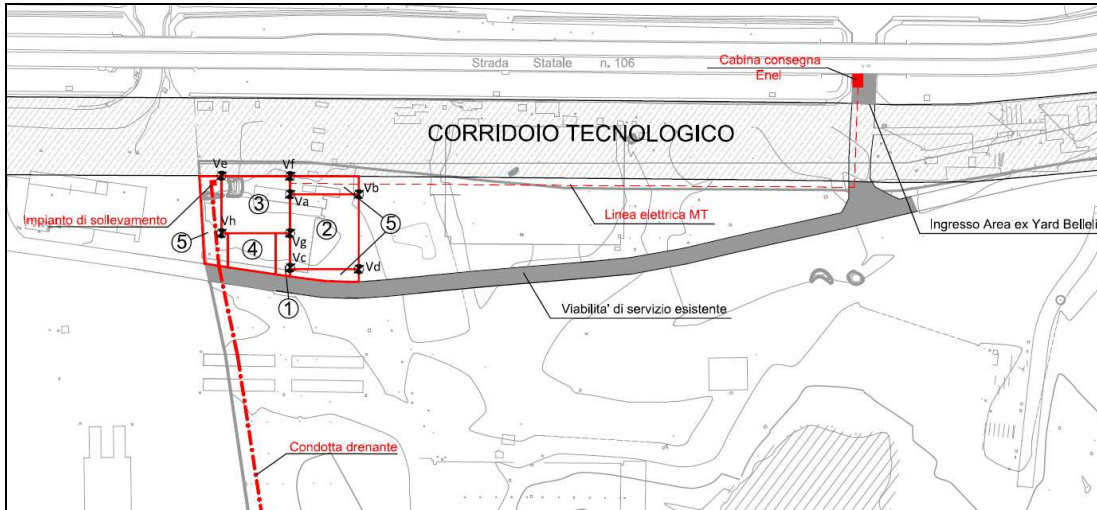
La protezione della linea di media tensione in uscita dalla cabina di utente dovrà essere realizzata mediante un interruttore di protezione in SF6.

La realizzazione di tale cabina (inclusi i relativi oneri di allacciamento ai pubblici servizi di cui al preventivo di spesa ENEL n. 63764966 del 21/05/2014), permangono in carico alla Stazione Appaltante, ovvero non trovano copertura economica all'interno dell'importo di affidamento per lavori ed oneri di sicurezza e progettazione.

### **Distribuzione in MT**

La distribuzione in media tensione (dalla cabina di consegna all'area dell'impianto TAF) avverrà all'interno di un cavidotto interrato dedicato alle condutture di media tensione. Il passaggio del cavo avviene in adiacenza al “corridoio tecnologico” come concordato con i rappresentanti “Sogesid” in ragione del finale intervento di realizzazione del *capping* sull'intera area (vedi Elaborato “[TAV.G.03](#)” e [Figura 4.10](#)).

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



**Figura 4.10: planimetria linea elettrica MT interna all'area ex Yard Belleli**

Si precisa che all'interno dei cavidotti non è consentita la distribuzione di sistemi a tensione diversa e tutti i cavidotti interrati dovranno avere resistenza allo schiacciamento non inferiore a 450 N.

Il cavo di distribuzione di media tensione sarà del tipo a 3 conduttori con schermo a nastri di rame su ciascuna anima, isolante a mescola di gomma ad alto modulo e guaina in PVC.

#### **Cabina di trasformazione**

All'interno dell'area TAF sarà installata la cabina di trasformazione posizionata in locali dedicati in adiacenza della recinzione situata in posizione opposta al punto di accesso al lotto.

I quadri di MT di arrivo linea e di protezione dei trasformatori saranno installati in manufatti prefabbricati dedicati a tal scopo.

I quadri di MT saranno del tipo protetto con una corrente di corto circuito di 16 KA e una corrente nominale di 630 A.

Nelle cabine saranno installate e collegate le seguenti apparecchiature:

- quadro di media tensione a 20 KV;
- box trasformatori;
- trasformatore isolato in resina epossidica - classe di isolamento 17,5 - 24 kV - frequenza 50Hz - classi sistema isolante F / F - sovratemperature 100K / 100K - classi C2 - E2 - F1 - norme IEC 60076-11;

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

- quadri di bassa tensione;
- collegamenti in MT e BT;
- accessori di cabina elettrica;

La cabina sarà equipaggiata con 1 trasformatore in resina della potenza di 250 kVA, in proprio locale dedicato.

Il dimensionamento del trasformatore è stato effettuato in funzione della potenza nominale installata, e prevedendo di far lavorare lo stesso a non più dell'80% della sua potenza nominale, in condizioni del massimo carico attualmente applicabile.

Questo, oltre a garantire una vita più lunga del trasformatore darà la possibilità di realizzare piccole espansioni dell'impianto senza dover realizzare ulteriori stravolgimenti della struttura.

Esso sarà del tipo con avvolgimenti inglobati e colati sottovuoto in resina epossidica idoneo per installazione interna, sarà raffreddati con sistema di ventilazione forzata (AF).

Esso sarà alloggiato in apposito box in carpenteria metallica avente grado di protezione IP 31 e dotato di speciale dispositivo atto a far sganciare il relativo sezionatore allorché vi si accedesse senza aver prima effettuato le dovute manovre di messa fuori tensione del trasformatore stesso.

Il quadro è corredato di tutte le strumentazioni ed apparecchiature tipiche per il controllo e la protezione dei circuiti in partenza: strumento di misura per la visualizzazione delle grandezze elettriche di base nella distribuzione dell'energia in bassa tensione, interruttori con relè elettronici per garantire una sufficiente selettività delle protezioni, etc.

#### *4.6.2 Distribuzione interna in BT*

##### **Quadro generale di bassa tensione (Power Centre)**

Il quadro generale sarà del tipo *power centre*, con due diverse sezioni, una sezione normale e una di linea privilegiata. Ciascuna sezione avrà strumenti di misura (tensione e corrente).

##### **Linee di distribuzione di bassa tensione**

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

Le linee di distribuzione di bassa tensione saranno del tipo multipolare tipo FG7OR posati in tubazioni di metallo rigido o flessibile, o in cavidotti in pvc interrati.

Dai quadri locali partiranno le linee di alimentazione di tutte le apparecchiature presenti in campo, nonché dei Quadri pre-cablati forniti dal costruttore dell'apparecchiatura servita.

Ogni apparecchiatura sarà generalmente protetta da un salvamotore, equipaggiato con contattore, selettore manuale-fermo-automatico, spie indicatrici del tipo di funzionamento (manuale-automatico), contattore di funzionamento, e temporizzatore programmabile multifunzione per consentire la programmazione giornaliera del funzionamento dell'apparecchiatura.

Nei locali Tecnici e negli spazi manutenzione gli impianti saranno realizzati con grado di protezione minimo IP55, e con tipologia specificamente richiesta dalla vigente normativa. Per queste ultime aree sono previsti dispositivi per il blocco di sicurezza degli impianti, secondo Norma, che attuano il distacco dell'energia all'intero ambiente di riferimento.

#### **Impianto di illuminazione esterna**

L'impianto di illuminazione esterna dell'impianto TAF sarà costituito da n. 5 pali in acciaio di altezza 8 m (7 m fuori terra), dotati di armature e proiettore luminoso stradale (IP 54).

#### **Impianto di messa a terra**

A protezione dell'intero complesso è prevista la realizzazione di un impianto di messa a terra, con dispersore costituito da spandenti a picchetto in acciaio ramato disposti in appositi pozzetti e corda di rame nudo di interconnessione (cfr. Elaborato “[TAV.E.03](#)” e [Figura 4.11](#)).

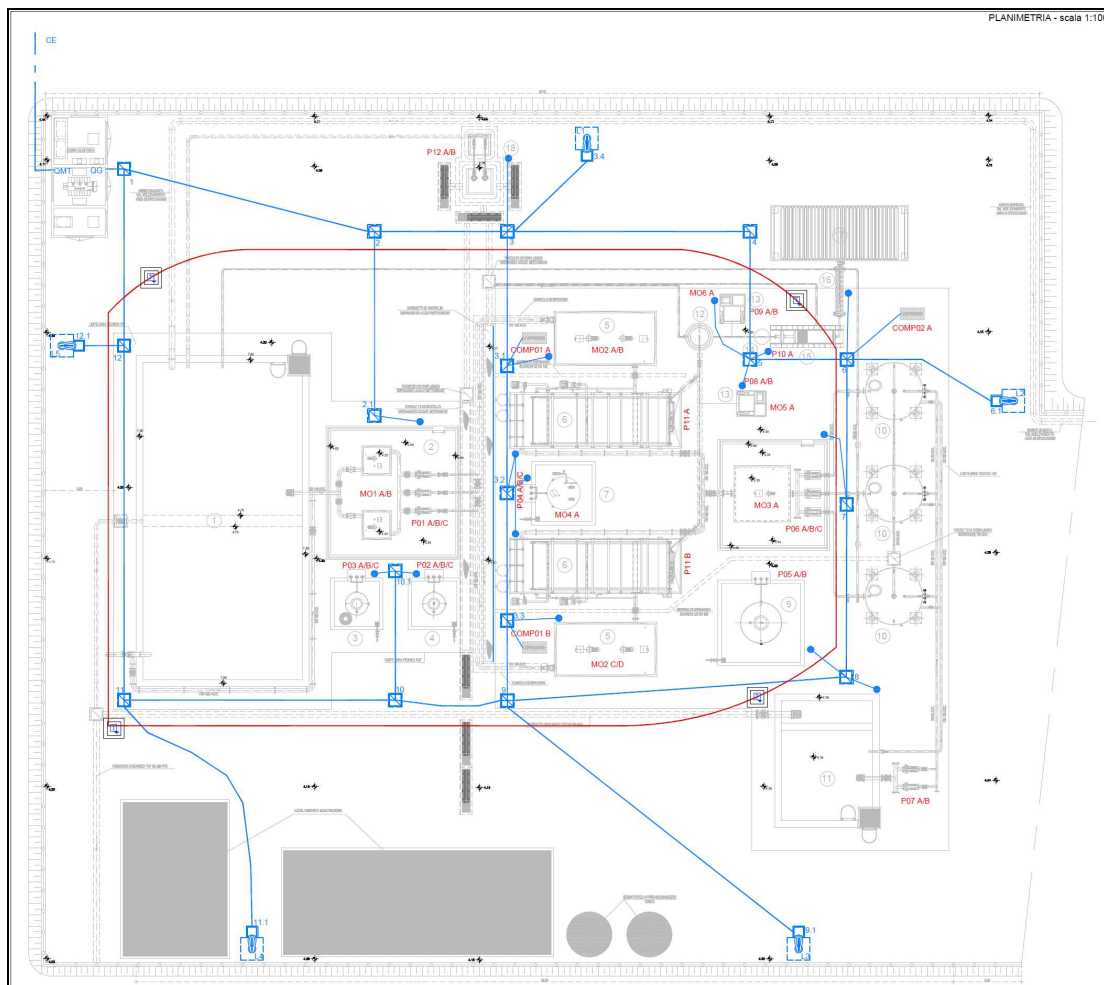
Tutto il sistema disperdente fa capo ad un nodo principale di terra disposto nel locale Cabina Elettrica. Da tale nodo principale di terra si derivano collettori, in corda di rame isolato con percorso di posa parallelo alle dorsali di distribuzione principale elettrica, di collegamento a nodi secondari disposti in corrispondenza dei Quadri elettrici locali.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

In prossimità dei vari quadri si realizzeranno infatti subnodi di collegamento sia per assicurare la terra di protezione agli utilizzatori elettrici, sia per consentire i collegamenti equipotenziali nelle modalità previste dalla normativa di riferimento (CEI 64-8).

**Il progetto di dettaglio e la verifica dell’impianti di terra verranno eseguiti in fase realizzativa con metodi sperimentali di misure in campo che consentano di calcolare la resistenza di terra e tracciare l'andamento del potenziale sul terreno per le tipologie di dispersore da utilizzare, affidando l’ultima valutazione all’esperienza del progettista.**

**Detto impianto verrà denunciato all’ASL ed ISPEL territorialmente competenti.**



**Figura 4.11: planimetria cavidotti e impianto di messa a terra**

#### **4.7 Rete di piezometri per il monitoraggio della falda**

Il presente progetto esecutivo propone lo stesso sistema di monitoraggio del progetto definitivo.

Le attività di monitoraggio e controllo previste sono sia di carattere “piezometrico”, mirate ad assicurare la verifica degli effetti indotti dall’opera sull’evoluzione della superficie piezometrica, sia di carattere “idrochimico”, tramite la predisposizione di un’idonea rete di piezometri posizionati strategicamente sia a monte che a valle della barriera per permettere l’esecuzione dei campionamenti e successive analisi.

I pozzi a monte permetteranno di conoscere le caratteristiche chimiche delle acque che giungono nell’area di intervento, mentre quelli a valle, sono finalizzati al controllo della tenuta del diaframma, evidenziando eventuali perdite di contaminanti della barriera.

Verranno pertanto realizzati n. 12 piezometri aggiuntivi che si andranno ad aggiungere ai n. 7 già esistenti (vedi Elaborato “[TAV.G.04](#)” e [Figura 4.12](#)) in modo da disporre di una rete sufficientemente fitta di punti di lettura e di monitoraggio.

Al termine dell’intervento in oggetto, sarà quindi possibile effettuare, da parte di “Sogesid” ovvero dell’Ente Gestore, mirate campagne “piezometriche” e “idrochimiche” secondo le frequenze stabilite nel progetto definitivo generale di messa in sicurezza permanente dell’intera area.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

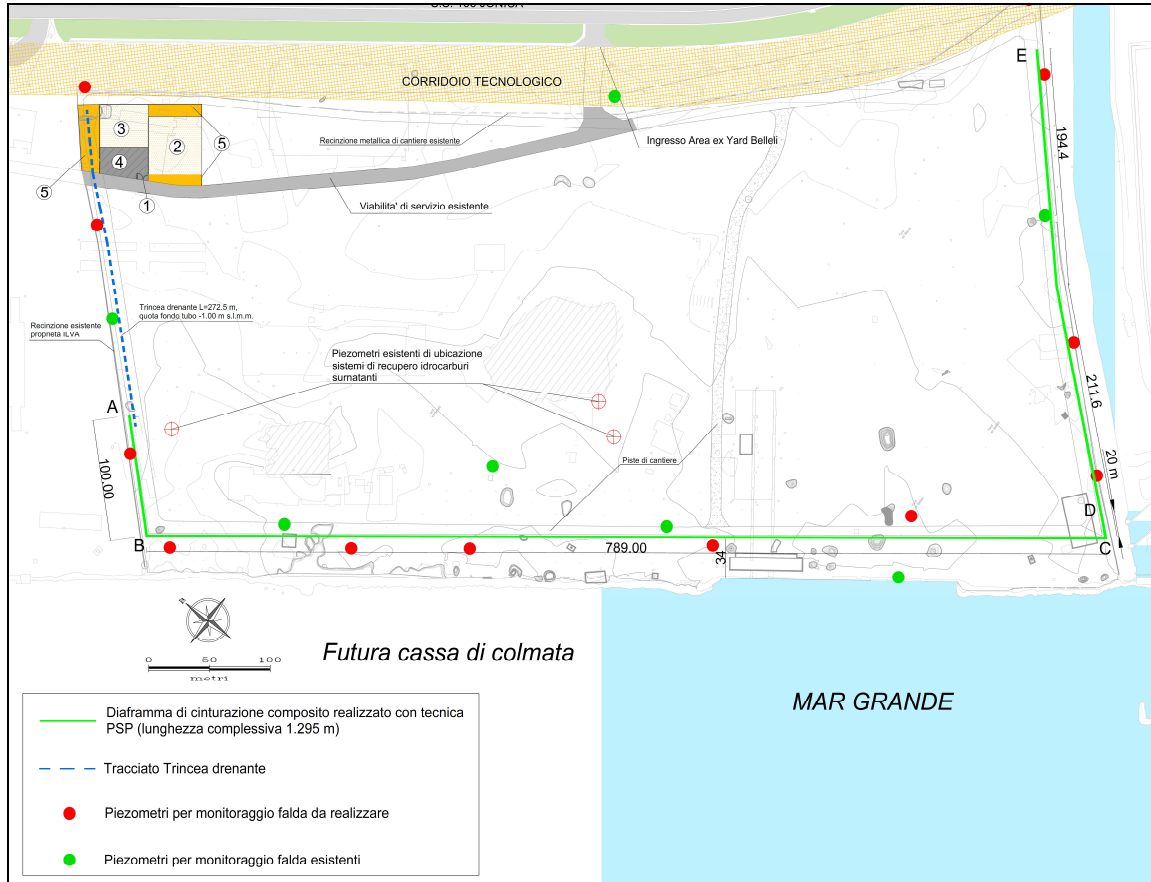


Figura 4.12: planimetria della rete di monitoraggio con piezometri



## 5. GESTIONE MATERIALI E CANTIERIZZAZIONE

### 5.1 Gestione dei materiali provenienti dagli scavi

Le soluzioni tecniche esecutive migliorative introdotte con il progetto esecutivo hanno consentito, altresì, di ridurre significativamente le volumetrie provenienti dagli scavi per la realizzazione delle opere.

In particolare, come rappresentato nella tabella riepilogativa riportata nella [Figura 5.1](#), **le volumetrie scavate in ambito di cantiere (rif. voce di prezzo E01.001a-002a) sono pari a circa 3.277,11 m<sup>3</sup>**, rispetto ai previsti 9.860,95 m<sup>3</sup> del Progetto Definitivo (decremento di circa il 66,77%), **interamente destinate ad essere riutilizzate/reimpiegate in ambito di cantiere a seguito delle verifiche eseguite secondo quanto indicato nell'elaborato progettuale RE.G.02 – Piano di Gestione dei Materiali di Scavo** (rif. voce di prezzo E01.009a), per il rinterro, la ricopertura ed il rinfiacco degli scavi per la posa di tubazioni e bacini, per il riempimento della c.d. “area depressa e per la riprofilatura del piano finito della trincea drenante.

In particolare, i 62,90 m<sup>3</sup> circa, provenienti dallo “smarino” dei fori di alleggerimento per la realizzazione del marginamento della colmata con tecnologia “PSP”, saranno, anch’essi trasportati nelle aree provvisorie di stoccaggio per la successiva caratterizzazione finalizzata al riutilizzo nell’ambito del cantiere ovvero al conferimento in idoneo impianto autorizzato di smaltimento/recupero, da individuarsi a carico ed onere della Committente.

A seguito di tale sostanziale riduzione dei materiali da movimentare, anche le aree di stoccaggio temporaneo realizzate per la gestione dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo e rinterro, con eventuale stoccaggio di materiali non riutilizzabili in cantiere ovvero di rifiuti speciali, sono state rimodulate in due piazzole rispetto alle undici inizialmente previste, con una conseguente riduzione dei costi di costruzione delle stesse.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

Le aree di stoccaggio, avendo ciascuna una dimensione in pianta pari a 28 x 16 m ed ipotizzando una altezza media del cumulo “abbancabile” di 2,0/2,20 m, hanno una capacità di invaso complessivo, adeguata alle esigenze, pari a circa 2.000 m<sup>3</sup> per ogni ciclo di riempimento, inteso come accumulo e trasporto a riutilizzo interno al cantiere ovvero a scarica/recupero.

<u>Nr. Rif.</u>	<u>Macro Categoria di Lavoro</u>	<u>Attività</u>	<u>Progetto Definitivo (m<sup>3</sup>)</u>	<u>Progetto Esecutivo (m<sup>3</sup>)</u>	<u>Delta</u>	<u>Delta %</u>
1.	Diaframma di Cinturazione	Realizzazione diaframma	7.009,20	62,90	-6.946,30	-99,10%
2.	Trincea Drenante	Scavo a sezione obbligata	1.950,00	2.252,21	302,21	15,50%
3.	Area di stoccaggio, strade di servizio e impianto TAF	Scavo a sezione obbligata per posa tubazioni, bacini, etc.	901,75	962,00	60,25	6,68%
<b>TOTALE</b>			<b>9.860,95</b>	<b>3.277,11</b>	<b>-6.583,84</b>	<b>-66,77%</b>

<u>Origine</u>					<u>Riutilizzo</u>	
<u>Nr. Rif.</u>	<u>Voci di prezzo</u>	<u>Categorie di lavoro a corpo</u>	<u>Tipologia di scavo</u>	<u>Quantità (m<sup>3</sup>)</u>	<u>Quantità materiale di risulta (m<sup>3</sup>)</u>	<u>Ambito di Riutilizzo</u>
1.	PA-E 03.14c - Perforazioni	Smarino da perforazioni di alleggerimento per diaframmi di marginamento	Scavo di risulta	62,90	62,90	Rinterro Area Depressa
2.	E 01.001a / 2a - Scavi in ambito di cantiere	Trincea drenante	Scavo a sezione obbligata	2.252,21	1.696,31	Rinterro Trincea Drenante
					555,90	Rinterro Area Depressa
3.	E 01.002a - Scavi in ambito di cantiere	Aree di stoccaggio provvisorio, strade di servizio, collettore di drenaggio, pavimentazione TAF e aree di raccordo in conglomerato bituminoso	Scavo a sezione obbligata	962,00	962,00	Rinterro scavi/Area Depressa
<b>TOTALE VOLUMI SCAVATI IN AMBITO DI CANTIERE</b>				<b>3.277,11</b>	<b>3.277,11</b>	

**Figura 5.1: Tabelle sinottiche relative all'ottimizzazione delle volumetrie e alla gestione dei volumi di materiale proveniente dagli scavi con le relative destinazioni**

## 5.2 Cantierizzazione

L'installazione e l'allestimento del cantiere è stato già in gran parte effettuato durante le fasi di esecuzione del campo prove propedeutico alla progettazione esecutiva, nel rispetto del PSC approvato (vedi [Figura 5.2](#) e [Figura 5.3](#)).

Rispetto alla configurazione iniziale relativa al campo prove, sono stati anche completati il posizionamento di alcuni container ufficio supplementari, il raddoppio dell'Unità di Decontaminazione Mobile (UDM) e la sistemazione della recinzione del cantiere.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---



***Figura 5.2: fasi di realizzazione della soletta di basamento delle baracche di cantiere***



***Figura 5.3: area baracche di cantiere in fase di allestimento***

Il cantiere è stato collocato, come già previsto nel progetto definitivo, in adiacenza all'impianto TAF che, però, è stato ri-localizzato nel settore di estremità Nord Ovest del marginamento lato Laminati ILVA, come definito e condiviso con la “Sogesid”, al fine di non interferire, in alcun modo, con le attività di cantiere

dell'intervento di *“realizzazione del primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V sporgente del porto di Taranto”* ed, al contempo, essere collocato in posizione più decentrata e marginale dell'area *“ex Yard Belleli”*.

Tale localizzazione consente la possibilità di un ingresso diretto all'impianto TAF (che avrà al termine del completamento del marginamento complessivo dell'area anche una funzione consortile) dal futuro corridoio tecnologico, evitando in fase di gestione definitiva di percorrere strade di servizio interne alla colmata ed interferenti con altri sviluppi industriali.

Inoltre, tale riposizionamento, nei pressi dell'impianto di sollevamento delle acque di falda della trincea drenante, permette di ridurre la lunghezza della condotta premente, rendendo il sistema maggiormente “sicuro” dal punto di vista ambientale e riducendone al contempo i costi di gestione.

## 6. CRONOPROGRAMMA LAVORI

Per l'esecuzione dei lavori di primo stralcio dell'intervento di “messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli” si prevede una durata complessiva di **330 giorni naturali e consecutivi (pari ad 11 mesi)**, come da cronoprogramma di dettaglio riportato nella [Figura 6.1](#).

In ottemperanza a quanto richiesto dalla Committente “Sogesid S.p.A.”, il cronoprogramma è suddiviso in due distinte fasi realizzative, in modo di poter effettuare una consegna frazionata dei lavori ai sensi del *comma 6 dell'art.154 del D.P.R. 207/2010*: **1)** la prima consegna (parziale) relativa alle opere che possono avere immediato avvio ed attuazione a valle dell'avvenuta approvazione e validazione del Progetto Esecutivo di variante da parte della Stazione Appaltante; **2)** la seconda consegna (definitiva) relativa a tutte le restanti opere di progetto, correlate e subordinate principalmente all'esecuzione del diaframma di marginamento impermeabile con tecnologia composita “PSP”, che può essere effettuata dopo l'acquisizione del parere della competente Direzione Generale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, sulla rispondenza degli obiettivi ambientali relativi al diaframma di cinturazione così come rimodulato nel Progetto Esecutivo, a seguito delle difficoltà riscontrate per l'esecuzione del diaframma plastico con tecnologia “CSM”.

Si evidenzia che, per effetto dell'introduzione esecutiva della tecnologia “PSP” in luogo del CSM, **la durata delle opere contrattuali si riduce di 2 mesi** rispetto al cronoprogramma dei lavori contrattuale di 13 mesi (riduzione dei tempi esecutivi del 25%).

Inoltre, tale tecnologia esecutiva permette di **lavorare in parallelo** su due fronti di esecuzione, per cui **l'incremento di sviluppo lineare di diaframma** richiesto da Sogesid rispetto alla revisione 01 del progetto esecutivo di variante, **quantificabile in circa +41% di superficie impermeabile, non comporta alcun incremento del tempo di esecuzione, che rimane di 11 mesi.**

Come evidenziato nel cronoprogramma, nella prima fase, oggetto di consegna parziale, sono incluse anche le attività propedeutiche previste negli oneri di sicurezza riguardanti lo svolgimento della bonifica bellica profonda (c.d. B.O.B.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

---

*profonda*), inclusi, ovviamente, i prefori a distruzione lungo l'intero asse di marginamento della falda, in ottemperanza alle prescrizioni di sicurezza *impartite dal competente 10° Reparto Infrastrutture - Ufficio B.C.M. di Napoli*” e riportate nella relativa Autorizzazione n. 97 del 22/05/2014 – Segnalazione n. 11.930).

Tale attività deve essere avviata con immediatezza per avere la certezza del rilascio da parte dell'Autorità Militare competente dell'avvenuto collaudo, con il rilascio della relativa certificazione ed attestazione di avvenuta verifica delle aree sottoposte a bonifica, prima di poter procedere alla formazione dei diaframmi profondi.

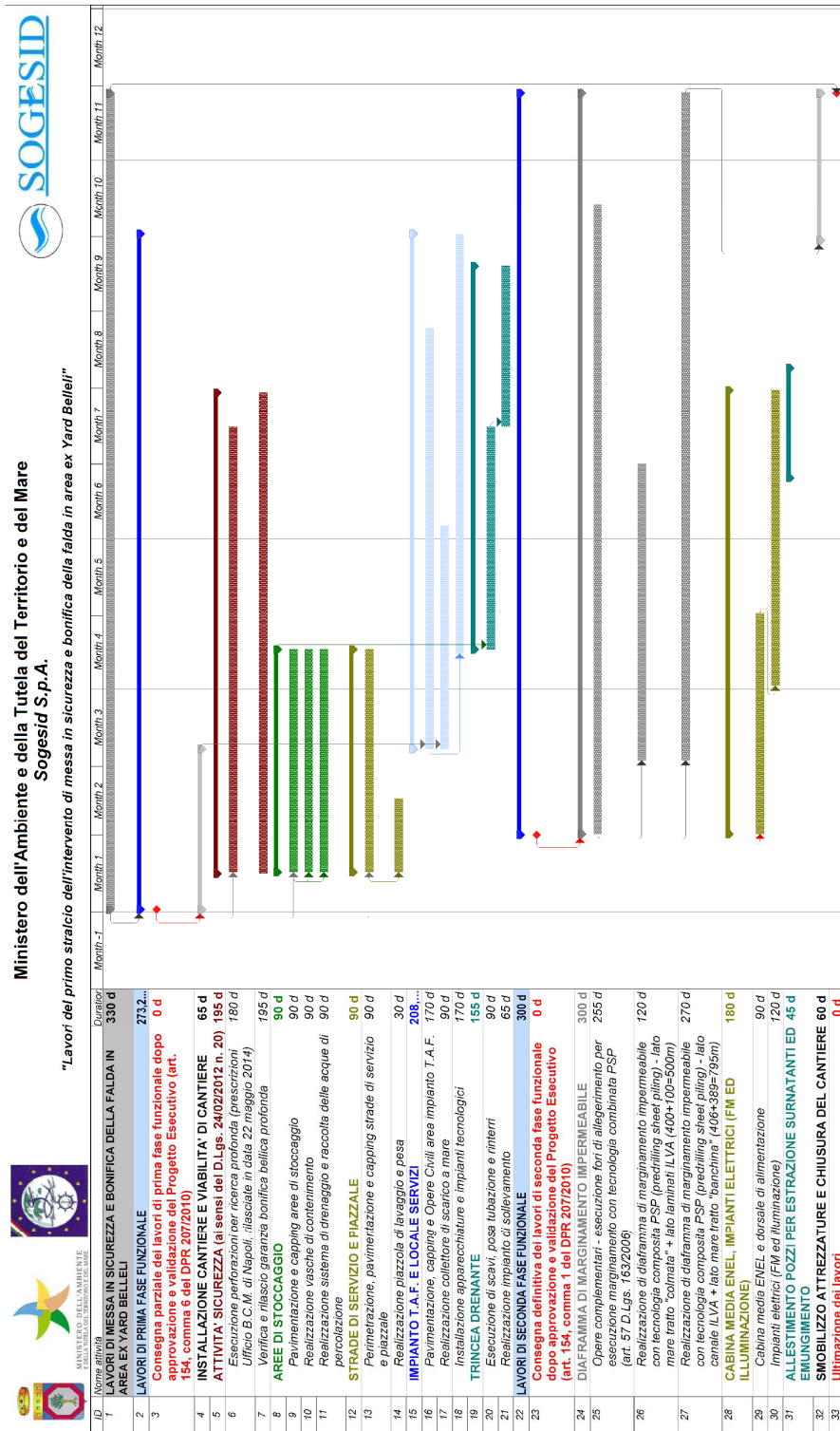
L'intervento di bonifica da ordigni esplosivi e residuati bellici interrati, infatti, s'inquadra nell'ambito della normativa in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro ed in particolare nella fase di valutazione dei rischi (D.L.vo 81/08) e di quanto disposto dall'intervenuto e recente D.L.vo del 24 febbraio 2012, n. 20, nel quale si esplicita che i lavori di bonifica bellica vanno eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, in ottemperanza alle prescrizioni impartite dall'Amministrazione Militare territorialmente competente.

Inoltre, essendo intercorso un lunghissimo periodo dall'originario affidatario è necessario ripristinare totalmente tutti gli apprestamenti di cantiere a suo tempo realizzati ed ormai non più riutilizzabili.

Di contro, però, si prevede un tempo assai limitato per l'installazione del cantiere e la predisposizione dei previsti apprestamenti della sicurezza di cantiere (baraccamenti, impianti elettrici-idrici e fognari, logistica, ecc), in conformità al *D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 (testo coordinato con il Decreto Legislativo 3 agosto 2009 n. 106) e s.m.i.*, in quanto gli stessi sono stati già implementati e realizzati durante le attività propedeutiche del campo prove e dei sondaggi integrativi.

Pertanto, per poter procedere al completamento della formazione ed installazione di tutti gli apprestamenti iniziali di cantiere relativi alla sicurezza è stato previsto un periodo iniziale di sole due settimane a produzione nulla.

## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE



Progetto Esecutivo

STIGE  
A PARTNERS

Raggruppamento Temporaneo d'Imprese

Figura 6.1: Cronoprogramma dei lavori suddiviso per fasi realizzative con consegne frazionate (ai sensi del c. 6 dell'art. 154 del D.P.R. 207/2010)



## 7. QUADRO ECONOMICO E CONSIDERAZIONI SULL'IMPORTO DEI LAVORI

Di seguito, nella [Figura 7.1](#) si riporta la sintesi del “quadro sinottico economico aggiornato comparativo dei lavori” previsti nel Progetto Esecutivo suddiviso per singole macrocategorie e sub-categorie di lavorazioni “a corpo” (rif. “[Elaborato Economico EC.02 – Quadro Comparativo di Raffronto](#)”), con il relativo raffronto con il computo metrico estimativo del progetto definitivo.

QUADRO DI RAFFRONTO ECONOMICO TRA PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO DI VARIANTE					
N.	Macrocategorie di lavoro a corpo	IMPORTO TOTALE DI PROGETTO DEFINITIVO	IMPORTO TOTALE DI PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE (Marzo 2019)	DIFFERENZA ECONOMICA	
1	Ricerca Ordigni Bellici (a corpo)	123.364,78 €	- €	123.364,78 €	-100,00%
2	Diaframmi di Marginamento Colmata e Trincea di Drenaggio acque di falda (incluse opere complementari esecuzione fori di alleggerimento) (a corpo)	2.206.226,73 €	4.304.278,45 €	2.098.051,71 €	95,10%
2.1	Diaframmi di Marginamento Colmata	2.124.175,69 €	2.182.467,28 €	58.291,59 €	2,74%
2.2	Diaframma di marginamento lato canale ILVA	- €	763.403,90 €	763.403,90 €	100,00%
2.3	Perforazioni di alleggerimento per PSP	- €	851.955,33 €	851.955,33 €	100,00%
2.4	Perforazioni di alleggerimento per PSP lato Canale ILVA	- €	389.400,66 €	389.400,66 €	100,00%
2.5	Trincea di Drenaggio acque di falda (a corpo)	82.051,04 €	117.051,28 €	35.000,24 €	42,66%
3	Area di Stoccaggio, strade di servizio, drenaggi, piazzola lavaggio e pesa (a corpo)	322.127,16 €	145.592,30 €	176.534,85 €	-54,80%
4	Pavimentazione (a corpo)	419.894,98 €	122.912,35 €	296.982,63 €	-70,73%
5	Impianto TAF ed attivazione pozzi (a corpo)	625.807,61 €	813.283,46 €	187.475,85 €	29,96%
6	Impianti Elettrici ed Illuminazioni (a corpo)	184.169,84 €	252.028,37 €	67.858,53 €	36,85%
7	Campagna di indagini - monitoraggio (a corpo)	62.157,78 €	205.119,78 €	142.962,00 €	230,00%
	<b>TOTALE OPERE A CORPO incluse opere complementari</b>	<b>3.943.748,88 €</b>	<b>5.843.214,71 €</b>	<b>1.899.465,83 €</b>	<b>48,16%</b>
	Progettazione Esecutiva	127.372,50 €	127.372,50 €	- €	
	Oneri Sicurezza Non soggetti a ribasso	270.920,35 €	270.920,35 €	- €	
	Oneri Sicurezza Aggiuntivi Non soggetti a ribasso (a seguito prescrizioni Ufficio B.C.M. competente n. 97 del 22/05/2014 - segnalazione n. 11930)	- €	263.142,00 €	263.142,00 €	
	<b>TOTALE OPERE A CORPO INCLUSI PROGETTAZIONE ESECUTIVA, ONERI DI SICUREZZA ED ONERI DI SICUREZZA AGGIUNTIVI NON SOGGETTI A RIBASSO</b>	<b>4.342.041,73 €</b>	<b>6.504.649,56 €</b>	<b>2.162.607,83 €</b>	<b>49,81%</b>

**Figura 7.1: Quadro sinottico economico di raffronto comparativo dei lavori.**

Nelle note del “quadro sinottico di raffronto” sono riportate le motivazioni tecnico-progettuali che hanno determinato una rimodulazione economica di alcune singole lavorazioni, in aumento ovvero in diminuzione, che sono state stralciate ovvero inserite e che si sono rese “indispensabili per l'esecuzione dell'opera o utili e strumentali alle finalità prefissate”.

Si ribadisce che le variazioni o addizioni introdotte al progetto, nella fase di redazione esecutiva, non mutano sostanzialmente la natura dei lavori compresi nell'appalto e sono finalizzate esclusivamente al miglioramento dell'opera ed alla sua funzionalità ed, in particolare, per raggiungere ovvero

**migliorare le “performance” ambientali richieste per la “messa in sicurezza e bonifica della falda in area ex Yard Belleli”.**

*Ai sensi dell'art. 132 del D.Lgs 163/06 comma 3, così come modificato dal dall'art. 4, comma 2, lettera n), legge n. 106 del 2011, poi dall'art. 34, comma 5, decreto-legge n. 133 del 2014, “sono ammesse, nell'esclusivo interesse dell'amministrazione, le varianti, in aumento o in diminuzione, **finalizzate al miglioramento dell'opera e alla sua funzionalità, sempreché non comportino modifiche sostanziali e siano motivate da obiettive esigenze derivanti da circostanze sopravvenute e imprevedibili al momento della stipula del contratto.***

Infatti, come riportato dalla lettera e-bis) dell'art. 132 del codice dei contratti pubblici n. 163 del 12 aprile 2006 e s.m.i., le varianti sono consentite «*nei casi di bonifica e/o messa in sicurezza di siti contaminati ai sensi della Parte quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152*», senza ulteriori connotati o limiti, né qualitativi, né quantitativi.

Al riguardo, l'esecutore ha l'obbligo di introdurre, nella fattispecie, e di eseguire le variazioni ritenute opportune dalla Stazione Appaltante **purchè non mutino sostanzialmente la natura dei lavori compresi nell'appalto.**

Infine, eventuali integrazioni e modifiche progettuali possono essere sviluppate nei casi di bonifica e/o messa in sicurezza di siti contaminati ai sensi della Parte quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (*lettera aggiunta dall'art. 34, comma 5, decreto-legge n. 133 del 2014*).

L'appalto rimane interamente “a corpo”, come previsto contrattualmente.

In particolare si osserva che rispetto alle opere contrattuali, in ragione delle modifiche ed integrazioni apportate al progetto, derivanti principalmente dalla necessità di sostituire la tecnica di esecuzione del diaframma impermeabile plastico “CSM” con quella composita con palancole metalliche “PSP” e per gli oneri di sicurezza aggiuntivi a seguito delle intervenute prescrizioni relative alla bonifica bellica profonda, **l'importo netto rimodulato dei lavori contrattuali, incluso gli oneri della sicurezza non soggetti a ribasso e della progettazione**

**esecutiva, è pari a € 6.504.649,56 , con un incremento rispetto all'importo iniziale di contratto (€ 4.342.041,73) di € 2.162.607,83 pari a +49,81%.**

In dettaglio:

- a) **importo netto lavori previsti in contratto € 5.843.214,71, con un incremento di € 1.899.465,83 (pari a +48,16% rispetto all'importo contrattuale iniziale di € 3.943.748,88);**
- b) **oneri di sicurezza non soggetti a ribasso € 534.062,35, con un incremento di € 263.142,00** rispetto all'importo contrattuale iniziale di € 270.920,35;
- c) **progettazione esecutiva € 127.372,50** il cui valore rimane invariata.

Gli Oneri della Sicurezza (determinati sulla base dei prezzi non soggetti a ribasso) sono stati ricalcolati in ragione principalmente della necessità di ottemperare alle intervenute prescrizioni relative alla bonifica bellica profonda, già introdotti nei di Piani della Sicurezza e Coordinamento richiesti dal CSE durante la fase preliminare dei campi prova.

Compreso in tale nuovo importo contrattuale **si aggiungono i lavori complementari** relativi all'esecuzione dei fori di alleggerimento per l'esecuzione del marginamento con tecnologia combinata “PSP” (introdotti ai sensi dell’art. 57 del D.Lgs. 163/2006 in quanto opere propedeutiche all’infissione delle palancole) **per un importo di € 1.241.355,99** , che deve intendersi in sostituzione dell'importo inserito nelle somme a disposizione del quadro economico originario di € 1.000.000, preventivate (a carico della Stazione Appaltante) quali oneri di trasporto e di smaltimento a discarica autorizzata dei materiali di scavo ovvero di refluo proveniente dall'esecuzione del diaframma plastico con tecnica “CSM” .

Tali oneri di smaltimento non sono, infatti, più necessari adottando la tecnica composita “PSP” in quanto, in tal caso, come detto, si ha una previsione assai limitata di quantità di materiali da conferire a discarica (pari a circa 62,90 m<sup>3</sup>).

Di fatto la perforazione puntuale di alleggerimento *in situ* non “mobilita” il terreno contaminato che costituisce la colmata e si evita di effettuare scavi di sbancamento profondi successivamente da smaltire.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

E' altresì opportuno osservare, in tale sede, che nel caso si raffrontassero i prezzi della soluzione con diaframma plastico “CSM” e di quella con diaframma composito metallico “PSP”, la prima tecnica risulta, comunque più onerosa in quanto, rispetto al prezzo unitario netto indicato nel progetto definitivo di 80,50 € a m<sup>2</sup> di terreno trattato (vedi “Analisi di Prezzo NP02 - diaframma CSM di 1,0 m di spessore...”), devono aggiungersi 63,77 €/m<sup>2</sup> per i maggiori quantitativi di boiaccia di cemento e bentonite da iniettare (900 litri di boiaccia rispetto ai 300 litri ipotizzati nel P.D.) e 21,20 €/m<sup>2</sup> per il raddoppio del tempo di esecuzione del pannello e quindi maggior incidenza della manodopera e di utilizzo delle attrezzature oltre 14,62 €/m<sup>2</sup> per il raddoppio dell'incidenza del consumo dei denti della fresa, **per un prezzo totale netto di 180,10 €/m<sup>2</sup>, che risulta superiore di 42,40 €/m<sup>2</sup> rispetto al valore della “Voce di Prezzo NP-PE 01)” del diaframma “PSP” fissato in 137,70 €/m<sup>2</sup>.**

Per completare correttamente la comparazione economica, a tali oneri di esecuzione devono aggiungersi, da una parte, i costi di smaltimento del terreno contaminato di scavo/refluo e, dall'altra parte, gli oneri per l'esecuzione dei fori di alleggerimento che allargano ancor più la “forchetta” economica a favore della soluzione “PSP”.

Nella seguente [Figura 7.2](#) si riporta una tabella di raffronto economico delle due soluzioni dal quale emerge inequivocabilmente **che il diaframma composito metallico con tecnica “PSP” risulta, quindi, di gran lunga meno oneroso avendo un costo inferiore del 42,88% rispetto al diaframma plastico “CSM”.**

In tale contesto, la competenza di approvazione in termini economici, con la contestuale redazione dell'Atto Aggiuntivo al contratto principale, è attribuita in via esclusiva all'*organo decisionale della stazione appaltante su parere dell'organo che ha approvato il progetto.*

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE**

<b>Tabella di raffronto dei prezzi per l'esecuzione di un m<sup>2</sup> di pannello con tecnica "CSM" e con tecnica combinata "PSP"</b>				
<b>Diaframma impermeabile con tecnologia composita (PSP - Predrilling Sheet Piling)</b>				
<b>Nr. Rif.</b>	<b>Voci di prezzo</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Prezzo Unitario al netto del ribasso</b>	<b>Incidenza a m<sup>2</sup> di diaframma</b>
<b>1. PSP</b>	<b>NP-PE 01)</b> Realizzazione di diaframma di marginamento impermeabile con tecnologia composita (PSP - Predrilling Sheet Piling)	m <sup>2</sup>	137,7	137,70
<b>2. PSP</b>	<b>PA-E 03.14c)</b> Perforazioni di alleggerimento (n. 3,3 fori per ml - n. 1 foro ogni 2m per esecuzione BOB profonda = 2,8 fori per ml)	m	30,57	85,60
<b>Importo totale "PSP" incidenza a m<sup>2</sup></b>				<b>223,30</b>
<b>Diaframma impermeabile plastico eseguito con tecnologia CSM</b>				
<b>Nr. Rif.</b>	<b>Voci di prezzo</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Prezzo Unitario al netto del ribasso</b>	<b>Incidenza a m<sup>2</sup> di diaframma</b>
<b>1. CSM</b>	<b>NP 02)</b> Realizzazione di diaframma plastico bentonico autoindurente di 1,0 m di spessore con tecnologia "CSM"	m <sup>2</sup>	80,50	80,50
<b>2. CSM</b>	<b>Sovrapprezzo 01-NP 02)</b> maggior consumo di bentonite e cemento di 3 volte superiore al previsto pari a 900 litri invece di 300 litri (vedi Analisi Prezzo "Materiali" importo lordo 52,35 € a m <sup>2</sup> oltre Spese Generali 13% ed Utile 10%)	m <sup>2</sup>	66,31	66,31
<b>3. CSM</b>	<b>Sovrapprezzo 02-NP 02)</b> raddoppio del tempo di esecuzione del pannello (vedi Analisi Prezzo "Manodopera" importo lordo 6,674 € a m <sup>2</sup> e "Mezzi d'Opera ed Attrezzature" importo lordo 28,141 € a m <sup>2</sup> oltre Spese Generali 13% ed Utile 10%)	m <sup>2</sup>	22,05	22,05
<b>4. CSM</b>	<b>Sovrapprezzo 03-NP 02)</b> Incidenza consumo denti fresa di 3 volte superiore al previsto (vedi Analisi Prezzo "Oneri-parte" importo lordo 12,00 € a m <sup>2</sup> oltre Spese Generali 13% ed Utile 10%)	m <sup>2</sup>	15,20	15,20
<b>subtotale incidenza a m<sup>2</sup> relativa alla lavorazione</b>				<b>184,05</b>
<b>5. CSM</b>	<b>NP 17)</b> Oneri di smaltimento del refluo (0,9 m <sup>3</sup> x 150 €/m <sup>3</sup> di cui alla Voce di Prezzo del Progetto Definitivo NP 17 non ribassabile in quanto oneri di conferimento a discarica ed ecotassa)	m <sup>3</sup>	150	135,00
<b>Importo totale "CSM" incidenza a m<sup>2</sup></b>				<b>319,05</b>
<b>Maggior costo della tecnologia "CSM" in %</b>				<b>42,88%</b>

**Figura 7.2: Tabella di confronto del costo della realizzazione dei diaframmi con tecnologia "CSM - Cutter Soil Mixing" (inclusi oneri di smaltimento del refluo) e "PSP – Pre-drilling Sheet Piling" a seguito dei risultati dei test pilota in scala reale eseguiti in campo (Giugno/Luglio 2014).**

Nelle somme a disposizione per lavori e prestazioni del nuovo quadro economico sono inseriti (ai sensi dell'art. 125 comma 6 lettera e) - comma 8 del D.Lgs. 163/2006) gli oneri dei test di trattabilità sulle acque di falda al fine di adempiere alle prescrizioni riportate nel Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare prot. 852 del 09.11.2010 che recepisce quanto disposto nella C.d.S. decisoria del 23.06.2010, per un importo € 31.050 oltre IVA al 22%, e gli oneri per allacciamento ai pubblici servizi di cui al preventivo di spesa ENEL n. 63764966 del 21.05.2014 per un importo di €17.204,24 e quelli

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE STRALCIO FUNZIONALE

---

della cabina di consegna *ENEL* in MT con la linea di connessione alla cabina di trasformazione per un importo di 26.500 €.

Tali oneri, permanendo in carico alla Stazione Appaltante, non rientrano, ovvero non trovano copertura economica, all'interno dell'importo di affidamento per lavori ed oneri di sicurezza e progettazione.

Si precisa, che per redigere il progetto esecutivo stralcio si è reso necessario introdurre specie di lavorazioni non previste dal contratto o adoperare materiali di specie diversa o proveniente da luoghi diversi da quelli previsti dal medesimo e, pertanto, sono stati introdotti alcuni “*Nuovi Prezzi*”.

Ai sensi dell'art. 163 del D.Lgs.163/2006, i “*Nuovi Prezzi*” non contemplati nel contratto sono stati valutati: **a)** desumendoli dal prezzario di cui all'articolo 32, comma 1; **b)** ragguagliandoli a quelli di lavorazioni consimili compresi nel contratto; **c)** quando sia impossibile l'assimilazione, ricavandoli totalmente o parzialmente da nuove regolari analisi.

Le nuove analisi sono state effettuate con riferimento ai prezzi elementari di mano d'opera, materiali, noli e trasporti alla data di formulazione dell'offerta (anno 2010).

Tutti i nuovi prezzi, valutati a lordo, sono stati assoggetti al ribasso d'asta.

L'elenco e le analisi dei “*Nuovi Prezzi*” sono riportati negli “*Elaborati Economici EC.05 – Elenco ed Analisi Nuovi Prezzi*” ed “*EC.06 – Elenco ed Analisi Nuovi Prezzi Oneri di Sicurezza Aggiuntivi*”.

Per le voci mancanti il relativo prezzo è stato determinato mediante analisi:

- a) applicando alle quantità di materiali, mano d'opera, noli e trasporti, necessari per la realizzazione delle quantità unitarie di ogni voce, i rispettivi prezzi elementari dedotti da listini ufficiali o dai listini delle locali camere di commercio ovvero, in difetto, dai prezzi correnti di mercato;
- b) aggiungendo ulteriormente la percentuale del quindici per cento per spese generali come indicato nelle analisi del progetto definitivo;
- c) aggiungendo infine una percentuale del dieci per cento per utile.